

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y REFORZAMIENTO PARA  
ELEVAR LA ALTURA DEL CERCO PERIMÉTRICO EXISTENTE  
EN LA I.E. SAN MARTÍN, DISTRITO DE SECHURA - 2019”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. HUAMAN ARAUJO LUIS GUILLERMO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

**HOJA DE CONFORMIDAD**

---

**Dr. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**MG. JUAN ENRIQUE GUTIÉRREZ Waidhofer**  
**JURADO REVISOR**

---

**ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ**  
**JURADO REVISOR**

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**JURADO REVISOR**

---

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

**Dedicatoria:** A mis padres, docentes, investigadores y todos aquellos que buscan la verdad y el conocimiento, de esta forma poder sobrepasar nuestras limitaciones humanas.

## INDICE

DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

## CONTENIDO

<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1. Descripción del problema .....	12
1.1.1. Problema General: .....	12
1.1.2. Problemas Específicos: .....	12
1.2. Objetivos (general y específicos).....	13
1.2.1. Objetivo General: .....	13
1.2.2. Objetivos Específicos: .....	13
1.3. Justificación .....	13
1.3.1. Justificación práctica: .....	13
1.4. Delimitación .....	14
1.4.1. Espacial.....	14
1.4.2. Temporal .....	15
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. Antecedentes.....	16
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	16
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	18
2.2. Marco Conceptual.....	20
2.2.1. Bases teóricas.....	20
2.2.1.1.Evaluación estructural .....	20
2.2.1.2.Reforzamiento estructural .....	24
a) Condiciones generales de diseño (Norma A.010) .....	25
b) Cargas (Norma E.020):.....	26
c) Diseño sismo resistente (Norma E.030) .....	33
d) Concreto armado (Norma E.060).....	40
e) Albañilería (Norma E.070) .....	41

2.3.	Definición de términos .....	47
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA.....</b>		<b>52</b>
3.1.	Diseño metodológico .....	52
3.1.1.	Tipo de estudio.....	52
3.1.2.	Nivel de estudio.....	52
3.1.3.	Diseño de estudio.....	52
3.2.	Población y muestra .....	52
3.2.1.	Población.....	52
3.2.2.	Muestra .....	53
3.2.3.	Variables .....	53
3.2.3.1.	Definición de variables .....	53
3.2.3.2.	Definición operacional de variables.....	53
3.2.3.3.	Definición conceptual de las variables .....	54
3.3.	Técnica de instrumentos de recolección y análisis de datos .....	55
3.3.1.	Técnica de instrumento de recolección de datos .....	55
3.3.2.	Estructura existente.....	55
a)	Longitud del cerco.....	55
b)	Modulación del cerco .....	56
c)	Altura del cerco existente y altura a incrementar .....	57
d)	Cimentación del cerco existente .....	59
e)	Muro de albañilería .....	60
f)	Columnas de confinamiento.....	60
g)	Vigas de confinamiento.....	61
3.3.3.	Tipo de suelo en la cimentación .....	62
3.3.4.	Resistencia a la compresión $f_c$ de las columnas existentes .....	64
<b>CAPITULO IV: DESARROLLO DEL INFORME.....</b>		<b>68</b>
4.1.	Resultados.....	68
4.1.1.	Evaluación del cerco perimétrico existente con elevación de altura y sin reforzamiento.....	68
4.1.1.1.	Comprobación del espesor del muro .....	69
4.1.1.2.	Verificación de estabilidad (volcamiento y deslizamiento). .....	72
4.1.1.3.	Verificación de la sección de la columna de confinamiento .....	74
4.1.1.4.	Verificación de la columna por compresión.....	74
4.1.1.5.	Verificación de la columna por flexión .....	74
4.1.1.6.	Verificación de acero transversal en la columna existente .....	76

4.1.1.7.Verificación de los estribos en la columna existente .....	77
4.1.2. Evaluación de los elementos a reforzar.....	78
4.1.3. Reforzamiento de los elementos del cerco perimétrico.....	78
4.1.3.1.Reforzamiento de la cimentación .....	78
4.1.3.2.Reforzamiento de las columnas de confinamiento .....	82
4.2. Discusión de los resultados .....	87
4.2.1. Evaluación de la estructura existente .....	87
4.2.2. Reforzamiento de una estructura existente .....	88
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO N° 01. Resultado de los ensayos de compresión en testigos de</b> <b>columnas existentes.....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Método aceptado para la clasificación de suelos .....	21
Tabla N° 2. Factores de forma .....	29
Tabla N° 3. Peso unitario de materiales típicos .....	32
Tabla N° 4. Factores de zona "Z" .....	36
Tabla N° 5. Clasificación de los perfiles de suelo.....	36
Tabla N° 6. Factor de suelo "S" .....	36
Tabla N° 7. Periodos "Tp" y "T" .....	37
Tabla N° 8. Categoría de las edificaciones y factor "U".....	37
Tabla N° 9. Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a" .....	46
Tabla N° 10. Tipos de suelo encontrados por calicata .....	63
Tabla N° 11. Resultado de ensayo de probetas .....	67
Tabla N° 12. Resultado de la evaluación estructural sin reforzamiento .....	78
Tabla N° 13. Procedimiento para reforzamiento del cimiento corrido.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Localización de la investigación Fuente: Imagen de Google.....	14
Figura N° 2. Ubicación de la investigación .....	15
Figura N° 3. Simbología de suelos .....	21
Figura N° 4. Planta de cerco típico de albañilería .....	23
Figura N° 5. Corte de cerco típico de albañilería.....	23
Figura N° 6. Mapa eólico del Perú.....	33
Figura N° 7. Zonificación sísmica del Perú.....	35
Figura N° 8. Longitud de cerco existente a elevar altura .....	56
Figura N° 9. Modulación de cerco existente.....	57
Figura N° 10. Altura del cerco existente a incrementar .....	58
Figura N° 11. Vista del cerco perimétrico existente.....	58
Figura N° 12. Dimensiones del cerco existente.....	59
Figura N° 13. Verificación del ancho de cimentación .....	59
Figura N° 14. Verificación de la profundidad de cimentación .....	60
Figura N° 15. Dimensiones de las columnas existentes.....	60
Figura N° 16. Verificación de dimensiones y acero de refuerzo en columna existente.....	61
Figura N° 17. Dimensiones de la viga de confinamiento existente.....	61
Figura N° 18. Ubicación de calicatas realizadas en el EMS.....	62
Figura N° 19. Calicata C-XIV del E.M.S. ....	63
Figura N° 20. Probetas tomadas de las columnas existentes .....	65
Figura N° 21. Muestra N° 01, columna existente en calle Restauración .....	65
Figura N° 22. muestra N° 02, columna existente en calle Túpac Amaru .....	66
Figura N° 23. Extracción de muestra N° 03, columna en calle 11 de noviembre .	66
Figura N° 24. Extracción de muestra N° 04, columna en calle Túpac Amaru.....	66
Figura N° 25. Cerco con elevación de altura y sin reforzamiento.....	69
Figura N° 26. Dimensiones del paño de muro de albañilería .....	70
Figura N° 27. Reforzamiento de columna existente - Planta.....	83
Figura N° 28. Procedimiento para reforzamiento de columnas - Planta.....	85
Figura N° 29. Reforzamiento de cimiento en columnas intermedias .....	86
Figura N° 30. Reforzamiento en columnas finales de módulo.....	86
Figura N° 31. Reforzamiento de columnas existentes - Sección.....	87



## RESUMEN

En la presente investigación se ha planteado como problema general: ¿Cuál es el resultado de la evaluación estructural y diseño del reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019?, siendo el objetivo general: Analizar el resultado de la evaluación estructural y diseñar el reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019.

El tipo de investigación es Aplicada, de nivel Descriptivo – Explicativo y de diseño Experimental – Correlacional, el método utilizado es el científico, inductivo – deductivo y con un enfoque cuantitativo. La población está conformada por la estructura del cerco perimétrico existente en la I.E. San Martín, ubicada en el distrito de Sechura, provincia de Sechura y departamento de Piura, el tipo de muestreo es no aleatorio o dirigido que consiste en un estudio de las características estructurales de los componentes del cerco perimétrico existente (cimentación, muro, vigas y columnas) luego de elevar su altura, de 2.80 a 3.50 metros, frente a un posible evento sísmico.

La principal conclusión de la presente investigación es que La evaluación estructural incidió en el reforzamiento del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín del distrito de Sechura incidió, determinándose que la cimentación y las columnas de confinamiento no soportarían las cargas derivadas de un evento sísmico, de acuerdo a la norma E.030, E.060 y E.070 del reglamento nacional de edificaciones. Planteándose la solución para el reforzamiento de estos elementos, de forma que puedan soportar las sollicitaciones sísmicas.

Palabras claves: evaluación, reforzamiento Estructural, cerco perimétrico.

## ABSTRACT

In the present investigation has been raised as a general problem: What is the result of the structural evaluation and reinforcement design to raise the height of the existing perimeter fence of the I.E. San Martín, district of Sechura - 2019, being the general objective: to analyze the result of the structural evaluation and design the reinforcement to raise the height of the existing perimeter fence of the I.E. San Martín, district of Sechura - 2019, and the general hypothesis: "Structural evaluation in the design of the reinforcement of the existing perimeter fence of the I.E. San Martín, district of Sechura - 2019 "

The type of research is Applied, Descriptive level - Explanatory and Experimental design - Correlational, the method used is the scientific, the inductive - the deductive and the quantitative approach. The population is conformed by the structure of the perimeter fence existing in the I.E. San Martín, located in the district of Sechura, province of Sechura and department of Piura, the type of sampling is not random or directed, it is a study of the characteristics of the components of the existing perimeter fence (foundation, wall, beams and Columns of height of 2.80 to 3.50 meters, in front of a possible seismic event.

The main conclusion of the present investigation is the structural evaluation influenced on the reinforcement of the existing perimeter fence of the I.E. Non-compliance, determination and compliance with quality and safety standards. The loads derived from a seismic event have not been used, according to the E.030, E.060 and E.070 norms of the national building regulations. Planning the solution for the reinforcement of these elements.

Keywords: evaluation, structural reinforcement, perimeter fence.

## INTRODUCCION

La presente investigación titulada “Evaluación estructural y reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente en la I.E. San Martín, distrito de Sechura - 2019”; consistió en evaluar el comportamiento de la estructura del cerco perimétrico existente luego de elevar su altura de 2.80 a 3.50 metros, y determinar si en las condiciones iniciales ésta, soporta las fuerzas horizontales de un evento sísmico, tal como indica el reglamento nacional de edificaciones.

Se describen las características, dimensiones y propiedades de los elementos que componen el mencionado cerco (cimentación, muro, columnas y vigas de confinamiento). Luego se evaluó, enmarcados en el reglamento vigente, si dichos elementos necesitan ser reforzados bajo las nuevas condiciones. Posteriormente se propondrá el procedimiento para realizar el reforzamiento de los elementos, y de esta forma se pueda cumplir con las solicitaciones sísmicas de la norma E.030 vigente.

El presente trabajo de investigación contiene los capítulos: Capítulo I; donde plantea la problemática y propone su resolución. Capítulo II; presenta los antecedentes y el marco en el cual se enmarca la investigación. Capítulo III; describe la metodología de investigación, el muestreo y recolección de datos. Capítulo IV; Se describe y discute los resultados obtenidos. Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

#### **1.1.1. Problema General:**

¿Cuál es el resultado de la evaluación estructural y diseño del reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019?

#### **1.1.2. Problemas Específicos:**

- ✓ ¿Cuál es el resultado de la evaluación estructural del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019?
- ✓ ¿Cuál es el diseño óptimo de reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019?

## **1.2. Objetivos (general y específicos)**

### **1.2.1. Objetivo General:**

Analizar el resultado de la evaluación estructural y diseñar el reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019

### **1.2.2. Objetivos Específicos:**

- ✓ Analizar la evaluación estructural del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019.
- ✓ Diseñar el reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019.

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación práctica:**

La justificación del presente trabajo radica en la necesidad de evaluar y diseñar el reforzamiento para elevar el cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, debido a que se ha construido un tramo de cerco nuevo con una altura de 3.50 m. y se busca uniformizar la misma en el cerco perimétrico existente, de esta forma garantizar el cumplimiento del Artículo 12 de la norma A.010 del reglamento nacional de edificaciones.

## 1.4. Delimitación

### 1.4.1. Espacial

El desarrollo del presente trabajo se encuentra ubicado en:

Lugar : Institución Educativa “San Martín”

Distrito : Sechura

Provincia : Sechura

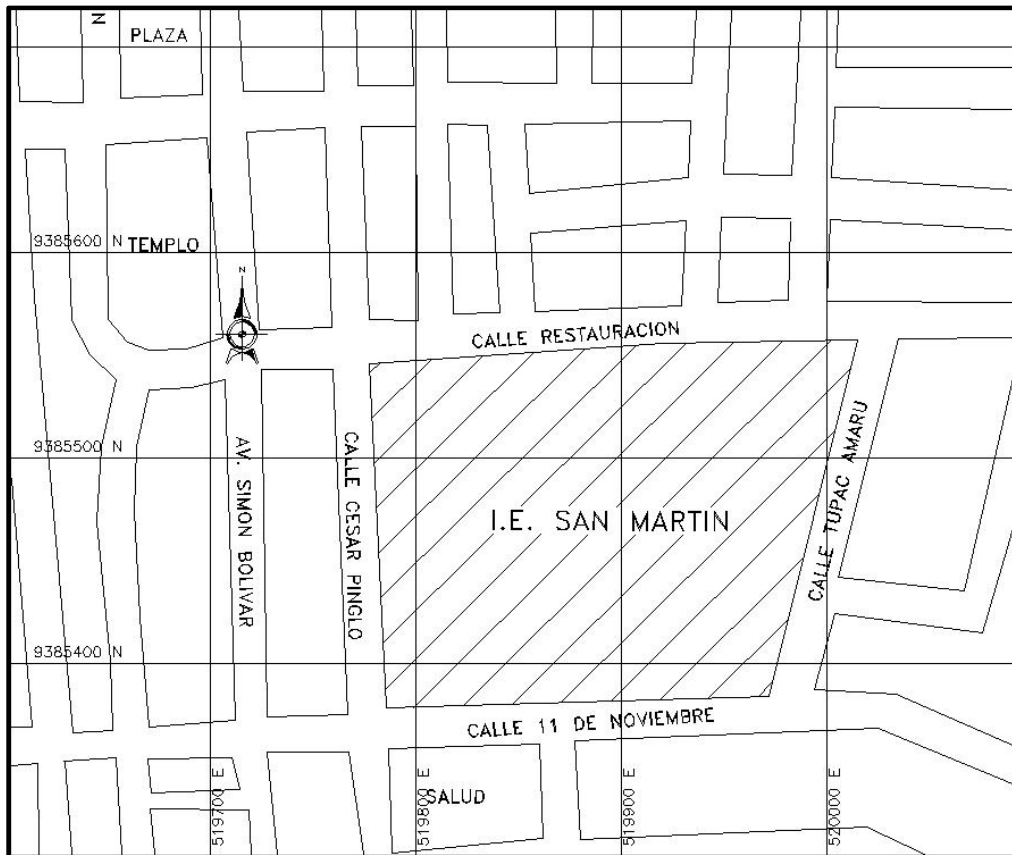
Departamento : Piura

Figura N° 1. Localización de la investigación



Fuente: Imagen de Google

Figura N° 2. Ubicación de la investigación



Fuente: Plano de ubicación de le I.E. San Martín

#### 1.4.2. Temporal

La investigación se realizó entre los meses de octubre 2018 a enero 2019.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

- ✓ **Juan Pablo Chacón Sánchez (junio 2017), de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador**, presenta su tesis *Evaluación y reforzamiento del sistema resistente a carga lateral de muros del ex colegio Simón Bolívar*, para obtener el grado académico de Magister en estructuras, cuyo objetivo es evaluar el comportamiento del sistema de muros resistentes a carga lateral de la nueva sede NNUU, ante un evento que involucre el sismo de diseño, basado en análisis estático lineal realizado a través de un modelo en elementos finitos, y luego proyectar el reforzamiento a fin de garantizar la ocupación segura. La metodología utilizada fue descriptiva correlacional, teniendo como variables la evaluación estructural y el reforzamiento.



El resultado de esta investigación nos muestra una memoria de cálculo con la distribución de esfuerzos por sismo, las deformaciones, las derivas y la propuesta de un reforzamiento por enchape con los volúmenes de obra estimados.

La conclusión señala que tras la evaluación de la estructura, esta tendría un comportamiento muy frágil y es necesario efectuar un reforzamiento, el cual describe en la tesis.

- ✓ **Carlos Antonio López Manzano, Carlos Roberto Pérez Alfaro y Luis Adán Solórzano Navarro (2017), de la Universidad de El Salvador**, presentan su tesis *Aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico para la evaluación del ala norte del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador*, para obtener el grado académico de Ingenieros civiles, cuyo objetivo es evaluar mediante el desempeño sísmico el estado actual del ala norte del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador (UES), con el objeto de proponer medidas a adoptar para garantizar la seguridad estructural del edificio y la minimización de riesgos ante la ocurrencia de futuros eventos sísmicos. La metodología utilizada fue descriptiva correlacional, teniendo como variables la aplicación de la metodología de evaluación estructural por desempeño sísmico y las medidas para garantizar la seguridad estructural del edificio.

El resultado de esta investigación es la memoria de cálculo que nos muestra los posibles daños a ocurrir en la edificación ante un evento sísmico.

Como conclusión se estableció una clasificación de los daños encontrados, dichos daños en su mayoría son catalogados como estructurales ligeros y fuertes. Las causas comunes de los mismos son, para el caso de vigas; grietas por cortante, flexión o una combinación de ambas. Mientras que en columnas, las causas de las grietas identificadas son por efecto de flexo-compresión y por cortante. Por lo tanto, no presentan daños que signifiquen una amenaza a la estructura ni a los usuarios de la edificación, debido a que el tipo y las características de los daños encontrados no comprometen la integridad de los elementos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

- ✓ **John Nelinho Tacza Zevallos (2018), de la Universidad Nacional Federico Villareal**, presenta su tesis *Evaluación estructural, propuesta de reforzamiento y viviendas autoconstruidas de albañilería confinada, ubicadas en el distrito de Ate en la ciudad de Lima 2018*, para optar el grado académico de doctor en ingeniería civil. Cuyo objetivo es determinar la relación entre la evaluación estructural y propuesta de reforzamiento en las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada ubicadas en el distrito de Ate de la ciudad de Lima 2018. La metodología utilizada es descriptiva correlacional, teniendo como variables la evaluación

estructural y la propuesta de reforzamiento, así como las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada.

El resultado de esta investigación nos muestra una memoria de cálculo con el comportamiento de los datos según Kolmogorov-Sminov, la estadística de las variables, la evaluación estructural en sí y la estructuración propuesta para el reforzamiento.

La conclusión es que existe una relación significativa entre la evaluación estructural, propuesta de reforzamiento y las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada en el distrito de ate de la ciudad de lima 2018.

- ✓ **Milthon Quispe Huaca (2016)**, de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, presenta su tesis *Evaluación estructural de los C.E.S. estatales entre el tiempo de servicio versus el riesgo, de su infraestructura actual en la ciudad de Juliaca*, para optar el grado académico de magister en ingeniería civil. Cuyo objetivo es evaluar los elementos estructurales de las edificaciones CES estatales de la ciudad de Juliaca. La metodología utilizada es determinística, teniendo como variable la evaluación estructural y el estado situacional de la construcción.

El resultado de la investigación nos muestra una memoria de cálculo para las diferentes edificaciones analizadas, las fuerzas cortantes en ambos sentidos, los desplazamientos y distorsiones de las edificaciones, el control de la deriva y el giro, las juntas, el retiro y los refuerzos existentes.

La conclusión de esta investigación es que existe un 60% de infraestructuras que han cumplido con su vida útil y el otro 40% se encuentra en riesgo debido a la falta de mantenimiento.

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1. Bases teóricas**

#### **2.2.1.1. Evaluación estructural**

Es el resultado de la medición de parámetros resistentes ante la actuación de cargas y eventos sísmicos, los cuales se evalúan para determinar si la estructura es segura, se necesita algún reforzamiento o se debe demoler. Para el caso de un cerco perimétrico no existe una teoría o metodología específica, por lo que se debe proceder a evaluar todos los elementos que lo componen como el tipo de suelo, el tipo de albañilería y los elementos que la confinan.

**Tipo de suelo:** Los suelos se dividen en grupos y sub grupos de acuerdo a propiedades comunes como la granulometría, límite líquido y límite plástico. Los sistemas de clasificación más utilizados en la actualidad son: Sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS (Unified Soil Classification System (también ASTM) Según la tabla N° 02 de la norma E.050 del reglamento nacional de edificaciones, la técnica aplicable para la

clasificación de suelos en el caso de esta investigación es de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Tabla N° 1. Método aceptado para la clasificación de suelos

TÉCNICA	NORMA APLICABLE*
Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos SUCS)	NTP 339.134 (ASTM D 2487)

Fuente: R.N.E Norma E.050 (suelos y cimentaciones)

Figura N° 3. Simbología de suelos

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO		DESCRIPCION
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

FUENTE: R.N.E Norma E.050 (suelos y cimentaciones) capítulo 2

**Tipos de albañilería:** Los muros de albañilería se pueden clasificar de la siguiente manera

Por su función:

- Muros no portantes: son los que no reciben carga vertical, como los cercos, parapetos y tabiques, el diseño de estos muros ante cargas perpendiculares a su plano originadas por viento, sismo u otras cargas de empuje.
- Muros portantes: forman parte de la estructura de un edificio, y deben estar diseñadas para soportar todo tipo carga.

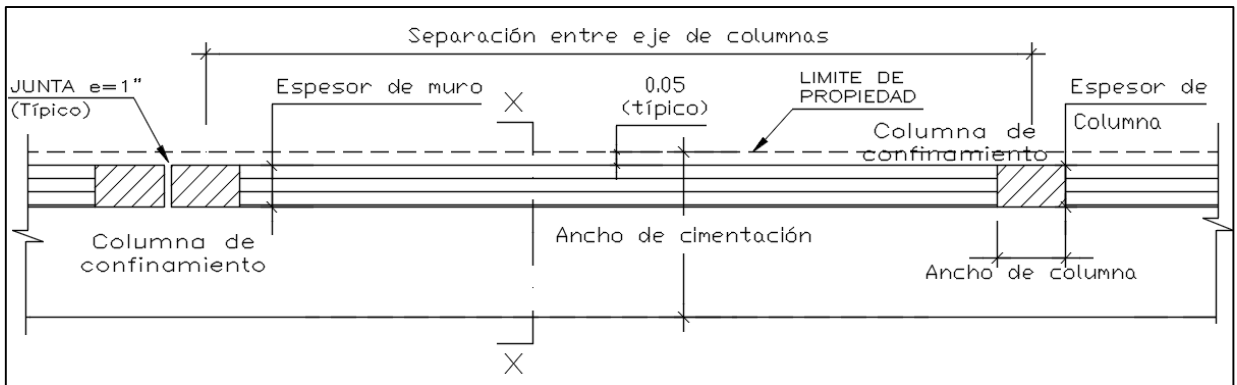
Por la distribución del refuerzo

- Muros no reforzados o de albañilería simple: son los que no llevan refuerzo, o que teniéndolo no cumplen con las especificaciones mínimas según norma.
- Muros reforzados: Son aquellos que llevan acero de refuerzo, ya sean en las unidades de albañilería, o en arriostres a cada cierta distancia del muro, entre estos podemos encontrar a los muros armados, laminares y de albañilería confinada.

### **Componentes de un cerco de albañilería confinada**

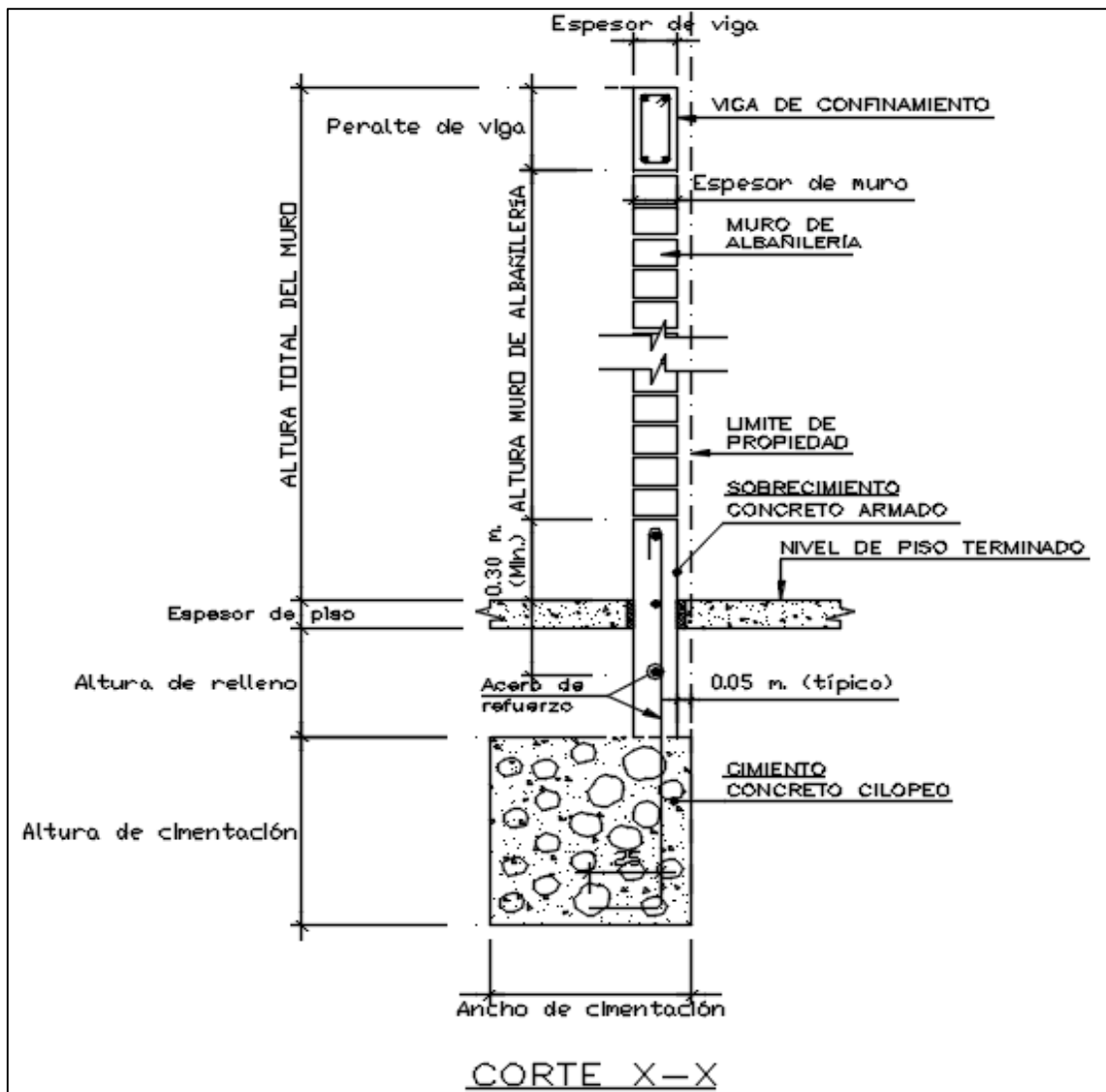
Para la presente investigación es necesario conocer los componentes de un cerco en albañilería confinada, cuyas partes se muestran en el siguiente gráfico:

Figura N° 4. Planta de cerco típico de albañilería



Fuente: Propia

Figura N° 5. Corte de cerco típico de albañilería



Fuente: Propia

Del gráfico anterior se puede apreciar los siguientes componentes estructurales del cerco:

- ✓ **Cimiento:** Generalmente de concreto simple con agregado de piedras grandes o medianas (entre 6" y 8"), cumple la función de empotramiento para el muro y ser una base sólida en reemplazo del terreno natural para poder construir sobre este.
- ✓ **Sobre cimiento:** Puede ser de concreto simple o concreto armado, cumple la función de transmitir la carga del muro a la cimentación y también de dar altura sobre el nivel de piso terminado para proteger las unidades de albañilería del agua que podría discurrir por el piso.
- ✓ **Muro de albañilería:** Conformado por unidades de albañilería, unidas por un mortero de cemento arena y agua, que pueden ser de arcilla cocida, bloque sílico calcáreo y de concreto,
- ✓ **Columnas y vigas de confinamiento:** Son de concreto armado generalmente, cuya función es convertir la albañilería simple en albañilería confinando, cuyo conjunto posee un comportamiento estructural idóneo y que a su vez representa una alternativa económica bastante elegible,

### **2.2.1.2. Reforzamiento estructural**

EL reforzamiento estructural consiste en mejorar o sustituir un elemento estructural, el cual ha sido considerado como



deficiente, luego de una evaluación estructural previa. Para el caso de un cerco perimétrico no hay teoría ni metodología específica que describa el proceso de reforzamiento de sus elementos, por lo que se partirá del dimensionamiento de una estructura que se adecúe a los elementos existentes.

### **Dimensionamiento de los componentes de un cerco de albañilería confinada**

Para dimensionar un cerco de albañilería confinada, es necesario cumplir con ciertos parámetros contenidos en el reglamento nacional de edificaciones (RNE), los cuales están orientados a garantizar la seguridad estructural en condiciones estáticas y de sismo, también garantizar su funcionalidad de uso adecuado a su entorno y protección del medio ambiente. Por ello es necesario conocer los siguientes parámetros de diseño

#### **a) Condiciones generales de diseño (Norma A.010)**

De aquí podemos resaltar lo siguiente:

*“Artículo 12.- Los cercos tienen como finalidad la protección visual y/o auditiva y dar seguridad a los ocupantes de la edificación, debiendo tener las siguientes características:*

*a) Podrán estar colocados en el límite de la propiedad, pudiendo ser opacos y/o transparentes. La colocación de*

*cercos opacos no varía la dimensión de los retiros exigibles”*

*b) La altura dependerá del entorno.*

*c) Deberán tener un acabado concordante con la edificación que cercan.”*

**b) Cargas (Norma E.020):**

Para el cálculo de las cargas que debe resistir una estructura, en mi caso un cerco, se puede resaltar los siguientes puntos de la norma E.020:

**“Artículo 3.- MATERIALES**

*Se considera el peso real de los materiales que conforman y los que deberá soportar la edificación, calculados en base a los pesos unitarios que aparecen en el Anexo 1, pudiéndose emplear pesos unitarios menores cuando se justifique debidamente. El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes”*

**“Artículo 5.- TABIQUES**

*Se considerará el peso de todos los tabiques, usando los pesos reales en las ubicaciones que indican los planos ...”*

**“Artículo 12.- CARGAS DEBIDAS AL VIENTO**

**12.1. GENERALIDADES**

*La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción*

*del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. En la estructura la ocurrencia de presiones y succiones exteriores serán consideradas simultáneamente”*

## **“12.2. CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES**

**Tipo 1.** *Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría. Para este tipo de edificaciones se aplicará lo dispuesto en los Artículos 12 (12.3) y 12 (12.4).*

**Tipo 2.** *Edificaciones cuya esbeltez las hace sensibles a las ráfagas, tales como tanques elevados y anuncios y en general estructuras con una dimensión corta en la dirección del viento. Para este tipo de edificaciones la carga exterior especificada en el Artículo 12 (12.4) se multiplicará por 1,2.*

**Tipo 3.** *Edificaciones que representan problemas aerodinámicos especiales tales como domos, arcos, antenas, chimeneas esbeltas y cubiertas colgantes. Para este tipo de edificaciones las presiones de diseño se determinarán a partir de procedimientos de análisis*

*reconocidos en ingeniería, pero no serán menores que las especificadas para el Tipo 1.”*

### **“12.3. VELOCIDAD DE DISEÑO**

*La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Ver Anexo 2) pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión.*

$$V_h = V(h/10)^{0,22}$$

*donde:*

*V<sub>h</sub> : velocidad de diseño en la altura h en Km/h*

*V : velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h*

*h : altura sobre el terreno en metros”*

### **“12.4. CARGA EXTERIOR DE VIENTO**

*La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calculará mediante la expresión:*

$$P_h = 0,005 C V_h^2$$

*donde:*

$P_h$  : presión o succión del viento a una altura  $h$  en Kg/m<sup>2</sup>

$C$  : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4

$V_h$  : velocidad de diseño a la altura  $h$ , en Km/h, definida en el Artículo 12 (12.3)

Tabla N° 2. Factores de forma

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: Norma E.020 R.N.E.

### **“12.5. CARGA INTERIOR DE VIENTO**

*Para el diseño de los elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes, que limitan en cualquier dirección el nivel que se analiza, tales como paneles de vidrio, coberturas, alféizares y elementos de cerramiento, se adicionará a las cargas exteriores calculadas según el Artículo 12 (12.4), las cargas interiores (presiones y*

*succiones) calculadas con los factores de forma para presión interior de la Tabla 5”*

**“Artículo 18.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS HORIZONTALES EN COLUMNAS, PÓRTICOS Y MUROS**

*18.1. Se supondrá que las cargas horizontales sobre la estructura son distribuidas a columnas, pórticos y muros por los sistemas de pisos y techo que actúan como diafragmas horizontales. La proporción de la carga horizontal total que resistirá cualquier columna, pórtico ó muro se determinará sobre la base de su rigidez relativa, considerando la excentricidad natural y accidental de la carga aplicada.*

*18.2. Cuando la existencia de aberturas, la excesiva relación largo/ancho en las losas de piso ó techo o la flexibilidad del sistema de piso ó techo no permitan su comportamiento como diafragma rígido, la rigidez de cada columna y muro estructural tomará en cuenta las deflexiones adicionales de piso mediante algún método reconocido de análisis”.*

**Artículo 19.- COMBINACIÓN DE CARGAS PARA DISEÑOS POR ESFUERZOS ADMISIBLES**

*Excepto en los casos indicados en las normas propias de los diversos materiales estructurales, todas las cargas*

consideradas en la presente Norma se considerará que actúan en las siguientes combinaciones, la que produzca los efectos más desfavorables en el elemento estructural considerando, con las reducciones, cuando sean aplicables, indicadas en el Artículo 10.

(1)  $D$

(2)  $D + L$

(3)  $D + (W \text{ ó } 0,70 E)$

(4)  $D + T$

(5)  $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E)]$

(6)  $\alpha [D + L + T]$

(7)  $\alpha [D + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$

(8)  $\alpha [D + L + (W \text{ ó } 0,70 E) + T]$

Donde:

$D$  = Carga muerta, según Capítulo 2

$L$  = Carga viva, Capítulo 3

$W$  = Carga de viento, según Artículo 12

$E$  = Carga de sismo, según NTE E.030 Diseño

sismorresistente

$T$  = Acciones por cambios de temperatura, contracciones

y/o deformaciones diferidas en los materiales

componentes, asentamientos de apoyos o combinaciones de ellos.

$\alpha$  = Factor que tendrá un valor mínimo de 0,75 para las combinaciones (5), (6) y (7); y de 0,67 para la

*combinación (8). En estos casos no se permitirá un aumento de los esfuerzos admisibles.*

Tabla N° 3. Peso unitario de materiales típicos

<b>MATERIALES</b>	<b>PESOKN/m<sup>3</sup> (Kgf/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Aislamientos de:</b>	
Corcho	2,0 (200)
Fibra de vidrio	3,0 (300)
Fibroemento	6,0 (600)
Poliuretano y poliestireno	2,0 (200)
<b>Albañilería de:</b>	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18,0 (1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13,5 (1350)
<b>Concreto Simple de:</b>	
Cascote de ladrillo	18,0 (1800)
Grava	23,0 (2300)
Pómez	16,0 (1600)
<b>Concreto Armado</b>	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple.

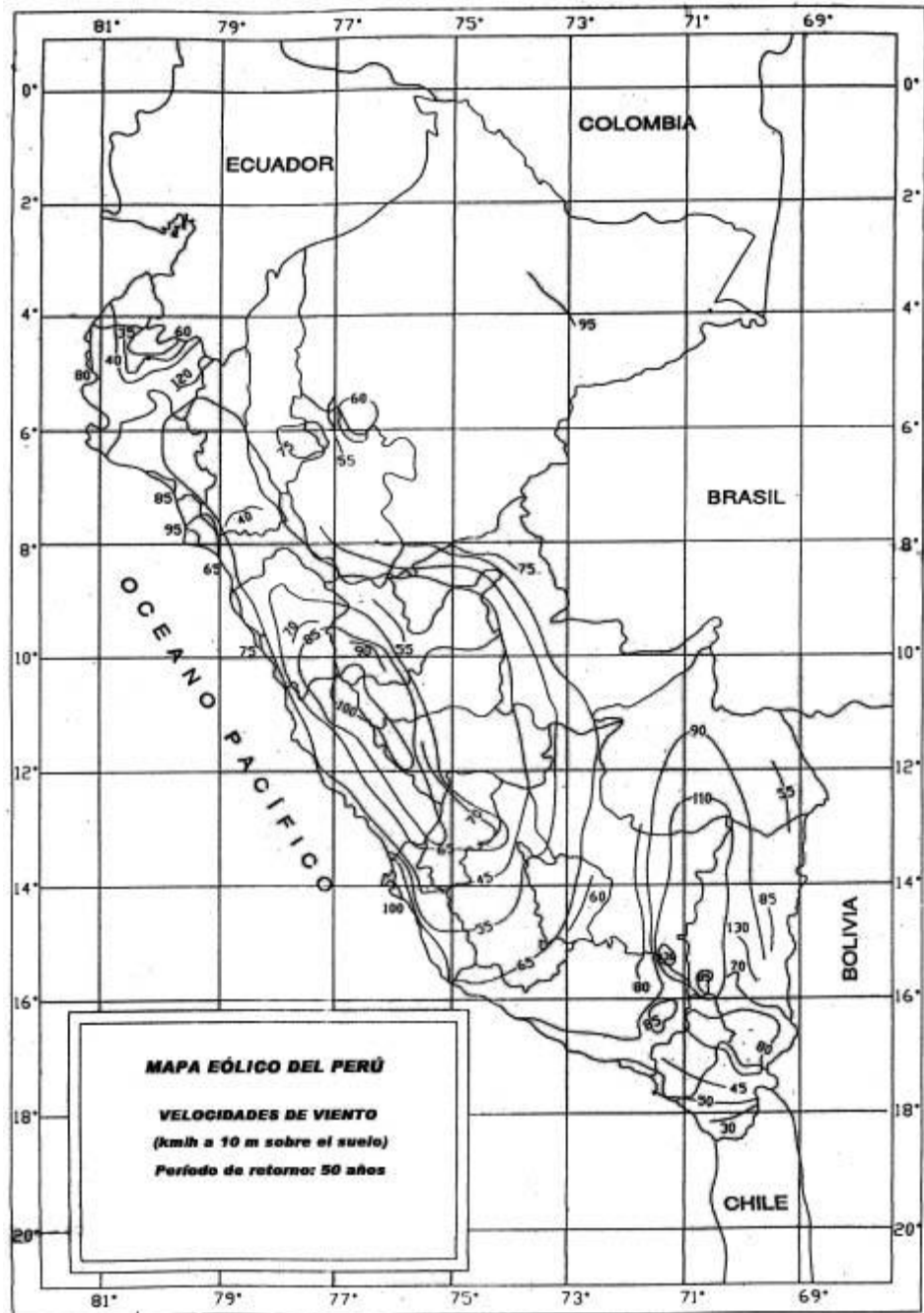
Fuente: Norma E.020 R.N.E.

### **“ANEXO 2 MAPA EÓLICO DEL PERÚ**

*Este mapa sirve de guía, para establecer las velocidades básicas del viento en la zona donde se ubica la estructura; sin embargo, se debe tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas). Si hubiera mediciones confiables en la zona en cuestión, podrá adoptarse la velocidad proveniente del estudio”*



Figura N° 6. Mapa eólico del Perú



Fuente: Norma E.020 R.N.E.

### c) Diseño sismo resistente (Norma E.030)

Para el cálculo de las cargas que debe resistir una estructura, en mi caso un cerco, se puede resaltar los siguientes puntos de la norma E.030:

### **“... Consideraciones Generales**

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las sollicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados. No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento ...”

### **“... Zonificación**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona”

Figura N° 7. Zonificación sísmica del Perú



Fuente: Norma E.030 R.N.E.

“A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad”

Tabla N° 4. Factores de zona "Z"

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

**“... Perfiles de Suelo”**

Tabla N° 5. Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

**“... Parámetros de Sitio (S, T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub>)**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo S y de los períodos T<sub>P</sub> y T<sub>L</sub> dados en las Tablas N° 3 y N° 4”

Tabla N° 6. Factor de suelo "S"

ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

Tabla N° 7. Periodos "Tp" y "T"

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>p</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>L</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

“... Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se podrá considerar U = 1”.

Tabla N° 8. Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul>	1,5
	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

“...Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5”.

“...Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista”

#### “...ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS”

“...Generalidades. Se consideran como elementos no estructurales aquellos que, estando conectados o no al sistema resistente a fuerzas horizontales, aportan masa al sistema, pero su aporte a la rigidez no es significativo. Para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sísmo resistente y deban acompañar la deformación de la estructura deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales que deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas se incluyen:

- Cercos, tabiques, parapetos, paneles prefabricados.

- Elementos arquitectónicos y decorativos entre ellos cielos rasos, enchapes.
- Vidrios y muro cortina.
- Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- Instalaciones eléctricas.
- Instalaciones de gas.
- Equipos mecánicos.
- Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo”.

“... Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos”

“Los elementos no estructurales localizados a nivel de la base de la estructura o por debajo de ella (sótanos) y los cercos deberán diseñarse con una fuerza horizontal calculada con:”

$$F= 0,5 * Z * U * S * Pe”$$

Donde:

F = Fuerza horizontal

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

Pe = Peso

**d) Concreto armado (Norma E.060)**

Para las verificaciones estructurales, en mi caso un cerco, nos podemos enmarcar en los siguientes puntos de la norma E.060:

“... Para el concreto estructural,  $f'c$  no debe ser inferior a 17 MPa, salvo para concreto estructural simple (véase 22.2.4). No se establece un valor máximo para  $f'c$  salvo que se encuentre restringido por alguna disposición específica de esta Norma (véase 21.3.2)”

“... CONCRETO ESTRUCTURAL SIMPLE”

“...El uso del concreto simple estructural debe limitarse a (a), (b) o (c):

(a) Elementos que están apoyados de manera continua sobre el suelo o que están apoyados sobre otros elementos estructurales capaces de proporcionarles un apoyo vertical continuo;

(b) Elementos en los cuales el efecto de arco genera compresión bajo todas las condiciones de carga;

(c) Muros y pedestales. Véanse 22.6 y 22.8

No está permitido el uso de columnas de concreto estructural simple.

No está permitido el empleo de concreto simple en elementos estructurales sometidos a solicitaciones



sísmicas que hayan sido determinadas en base a la capacidad de la estructura de disipar energía”.

**e) Albañilería (Norma E.070)**

Para las verificaciones estructurales, en mi caso un cerco, nos podemos enmarcar en los siguientes puntos de la norma E.070:

“...Artículo 9.- CONCRETO. El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a 17,15 MPa (175kg / cm) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado”

“... Artículo 11.- ALBAÑILERIA CONFINADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:”

“... Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3)”

“La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:

a) En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas

sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.

b) En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse «chicotes» o «mechas» de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un dobléz vertical a 90º de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001 (ver el Artículo 2 (2.8))

“... El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90º de 10 cm”

“... Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135º, pudiéndose emplear estribos con  $\frac{3}{4}$  de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180º doblado en el refuerzo vertical”

“...Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas”.

“... El concreto deberá tener una resistencia a compresión  $f'c$  mayor o igual a 17,15 MPa (175kg / cm). La mezcla

deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (½ pulgada)”

“... El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimiento, no del sobre cimiento”

“... Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas”.

“... La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro”.

“... El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajados y 3 cm cuando son caravista”

“Artículo 18.- ARRIOSTRES. Los muros portantes y no portantes, de albañilería simple o albañilería confinada, serán arriostrados por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragmas rígidos de piso”

“... Los arriostres se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando a éste como si fuese una losa sujeta a fuerzas perpendiculares a su plano (Capítulo 10)”

“... Un muro se considerará arriostrado cuando:

- a) El amarre o anclaje entre el muro y sus arriostres garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.
- b) Los arriostres tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.
- c) Al emplearse los techos para su estabilidad lateral, se tomen precauciones para que las fuerzas laterales que actúan en estos techos sean transferidas al suelo.
- d) El muro de albañilería armada esté diseñado para resistir las fuerzas normales a su plano”

### **“... DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO”**

“... Artículo 29.- ESPECIFICACIONES GENERALES

29.1. Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior”

“29.6. El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga ( $w$ , en  $\text{kg/m}^2$ ) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0,8 Z.U.C_1 \gamma e$$

Donde:

$Z$  = factor de zona especificado en la NTE E.030. Diseño Sismo resistente

$U$  = factor de importancia especificado en la NTE E.030. Diseño Sismo resistente

$C_1$  = coeficiente sísmico especificado en la NTE E.030. Diseño Sismo resistente

$e$  = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en metros

$\gamma$  = peso volumétrico de la albañilería”

“29.7. El momento flector distribuido por unidad de longitud ( $M$ , en  $\text{kg-m/m}$ ), producido por la carga sísmica « $w$ » (ver Artículo 29 (29.6)), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_s = m.w.a^2$$

Donde:

m = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.

a = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 12), en metros.

Tabla N° 9. Valores del coeficiente de momentos "m" y dimensión crítica "a"

<b>TABLA 12 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS «m» y DIMENSION CRITICA «a»</b>									
CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS a = Menor dimensión									
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞	
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125	
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS a = Longitud del borde libre									
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	∞
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES a = Altura del muro m = 0,125									
CASO 4. MURO EN VOLADIZO a = Altura del muro m = 0,5									

Fuente: Norma E.030 R.N.E.

“... El esfuerzo admisible en tracción por flexión ( $f'_t$ ) de la albañilería se supondrá igual a:

$f'_t = 0,15$  MPa (1,50 kg/cm<sup>2</sup>) para albañilería simple

= 0,30 MPa (3,00 kg/cm<sup>2</sup>) para albañilería armada rellena de concreto líquido”

“... Los arriostres podrán estar compuestos por la cimentación, las columnas de confinamiento, las losas rígidas de techo (para el caso de muros portantes), las vigas soleras (para el caso de cercos, tabiques y parapetos) y los muros transversales”

“... Para el análisis y diseño de los elementos de arriostres se emplearán métodos racionales y la armadura que se obtenga por este concepto, no se sumará al refuerzo evaluado ante acciones sísmicas coplanares, sino que se adoptará el mayor valor respectivo”

### 2.3. Definición de términos

- **Albañilería confinada:** Se caracteriza por poseer como principal elemento de soporte de cargas axiales a los muros portantes, este elemento actúa en conjunto con las columnas y vigas soleras de concreto armado, formando así un marco rígido sobre el cual se apoyan el resto de elementos estructurales como son las losas.
- **Anclaje:** Punto seguro de fijación al cual se está asegurando como protección contra caídas.
- **Ángulo de fricción interna:** Ángulo de falla de un suelo al corte.
- **Arrancamiento:** efecto que se debe a la presión que el viento ejerce en los cables y que es transmitida a la estructura propiamente, estas acciones provocan que la cimentación sea sometida a fuerzas de tensión considerablemente grande.

- **Arriostrado:** Estructura complementada para soportar cargas a través de arriostres.
- **Arriostre:** Elemento estructural que tiene como comportamiento principal el de dar resistencia y rigidez a muros de albañilería confinada, ante cargas perpendiculares a su plano.
- **Auto soportado:** Que se soporta o sostiene a sí misma.
- **Carga:** Es una fuerza que actúa sobre los elementos, pueden ser de sentido horizontal, vertical o perpendicular al plano del cuerpo. La carga puede ser medida en diferentes magnitudes
- **Cable:** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trenzados, con o sin aislamiento y otras cubiertas o una combinación de conductores aislados entre sí.
- **Cable de guarda:** Conductor de protección de conductores aéreos contra descargas atmosféricas.
- **Capacidad portante:** Capacidad del terreno para soportar las cargas que se le aplican.
- **Cimiento:** Elemento estructural que transmite las cargas de las superestructuras y el peso propio de las mismas al terreno.
- **Concreto:** Mezcla entre el cemento, agregados, piedra, arena y agua dando como resultado un material duro con propiedades similares a la piedra.
- **Compresión:** efecto que tiene la tendencia de causar hundimiento en el terreno.
- **Confinar:** Acción de encerrar, enclaustrar, obligar a alguien o algo a permanecer aislado dentro de unos límites.



- **Columna:** Viene hacer el componente estructural de una edificación encargado de soportar cargas axiales y fuerzas sísmicas. Estas cargas son transmitidas a la cimentación. Puede servir como elemento de arriostre y confinamiento
- **Corte:** Fuerza actuante en un plano que atraviesa una estructura.
- **Ductilidad:** Es una propiedad que presentan algunos materiales, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse, permitiendo obtener alambre o hilos de dicho material
- **Excavación:** Actividad que consiste en sacar un determinado volumen de material desde un nivel definido a otro de manera manual, con equipo mecánico y/o manual.
- **Eliminación de material:** Actividad que comprende desde el recojo y traslado de materiales excedentes de la excavación hasta la adecuada disposición final.
- **Entibado:** Es una pared con soportes portátil que se coloca adecuadamente en una excavación para mantener las paredes laterales de las mismas, de tal forma que queden firmes con el fin de protegerlas contra derrumbes.
- **Fricción:** Fuerza que se ejerce debido a la rugosidad de un cuerpo.
- **Momento de inercia:** Medida de la inercia rotacional de un cuerpo.
- **Momento de volteo:** Momento que tiende a voltear una estructura.
- **Nivel de tensión:** Uno de los valores de tensión nominal utilizados en un sistema dado.

- **Alta tensión (a.t.):** Es un sentido restringido, conjunto de niveles de tensión superior utilizados en los sistemas eléctricos para la transmisión masiva de electricidad. Con límites comprendidos entre  $35 \text{ kV} < U < 230 \text{ kV}$ .
- **Línea:** Es una disposición de conductores, materiales aislantes y accesorios para transmitir electricidad entre dos puntos de un sistema.
- **Longitud de vano:** Distancia horizontal entre dos puntos de enlace del conductor sobre dos soportes consecutivos.
- **Peso volumétrico:** Es el peso en relación con el volumen de un cuerpo.
- **Recubrimiento:** Es el espesor de concreto que separa al acero de refuerzo de una zapata y el suelo.
- **Resistencia:** Capacidad de un elemento para recibir algo que ejerce fuerza o presión sobre este, sin que este se mueva, sufra daño o se altere
- **Rugosidad:** se llama al efecto conjunto de la superficie del terreno y los obstáculos, los cuales conducen a un retardo del viento cerca del suelo.
- **Rigidez:** Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.
- **Resina:** Es la sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de solidificar en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas.
- **Relleno:** Materiales tales como arena, agregado o tierra que son colocados para compactar una excavación.
- **Subestación:** Conjunto de instalaciones, incluyendo las eventuales edificaciones requeridas para albergarlas, destinado a la transformación

de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos o solo al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas.

- **Separación:** La distancia entre dos objetos medida de superficie a superficie y usualmente relleno de material sólido o líquido.
- **Tensión:** La diferencia de potencial eficaz entre dos conductores cualquiera o entre un conductor y la tierra. Las tensiones están expresadas en valores nominales a menos que se indique lo contrario. La tensión nominal de un sistema o circuito es el valor asignado al sistema o circuito para una clase dada de tensión con el fin de tener una designación adecuada. La tensión de operación del sistema puede variar por encima o por debajo de este valor.
- **Talud:** Cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que adopten permanentemente las masas de tierra. Estas pendientes pueden ser naturales o artificiales
- **Zapata:** Tipo de cimentación superficial utilizada en terrenos con capacidades portantes medios o altos.

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

### **3.1. Diseño metodológico**

#### **3.1.1. Tipo de estudio**

Por el tipo de estudio, el presente reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada.

#### **3.1.2. Nivel de estudio**

De acuerdo a la naturaleza del estudio, corresponde a un nivel descriptivo, explicativo y correlacionado.

#### **3.1.3. Diseño de estudio**

El diseño del presente estudio es experimental, pues se realizaron estudios y ensayos de para determinar las características de una estructura.

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Población**

La población está conformada por la estructura del cerco perimétrico existente en la I.E. San Martín, ubicada en el distrito de Sechura, provincia de Sechura y departamento de Piura.

### **3.2.2. Muestra**

El tipo de muestreo es de tipo no aleatorio, ya que está conformado por el cerco perimétrico existente en la I.E. San Martín

### **3.2.3. Variables**

#### **3.2.3.1. Definición de variables**

Variable dependiente (X): Evaluación estructural

Variable independiente (Y): Reforzamiento

#### **3.2.3.2. Definición operacional de variables**

<b>Tipo de variable</b>	<b>Nombre de la variable</b>	<b>Indicadores</b>
Variable independiente	Evaluación estructural	Tipo de suelo Dimensiones de la estructura Dimensiones de la cimentación

		Resistencia del concreto Fisuras y otras anomalías Factor de seguridad al volteo Factor de seguridad al deslizamiento
Variable dependiente	Reforzamiento	Carga muerta Nuevas dimensiones de la estructura Carga sísmica Factor de seguridad al volteo Factor de seguridad al deslizamiento

### 3.2.3.3. Definición conceptual de las variables

- **Evaluación estructural:** Consiste en la verificación de las dimensiones y otras características de la estructura a fin de evaluar su comportamiento frente a un sismo, de esta forma determinar si se refuerza o no la estructura para la altura que se desea incrementar.

- **Reforzamiento:** Consiste en mejorar las condiciones estructurales de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado frente a un sismo, dentro de los límites permitidos por la normativa vigente.

### **3.3. Técnica de instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **3.3.1. Técnica de instrumento de recolección de datos**

Se utilizó la observación y muestreo como técnicas de recolección de datos.

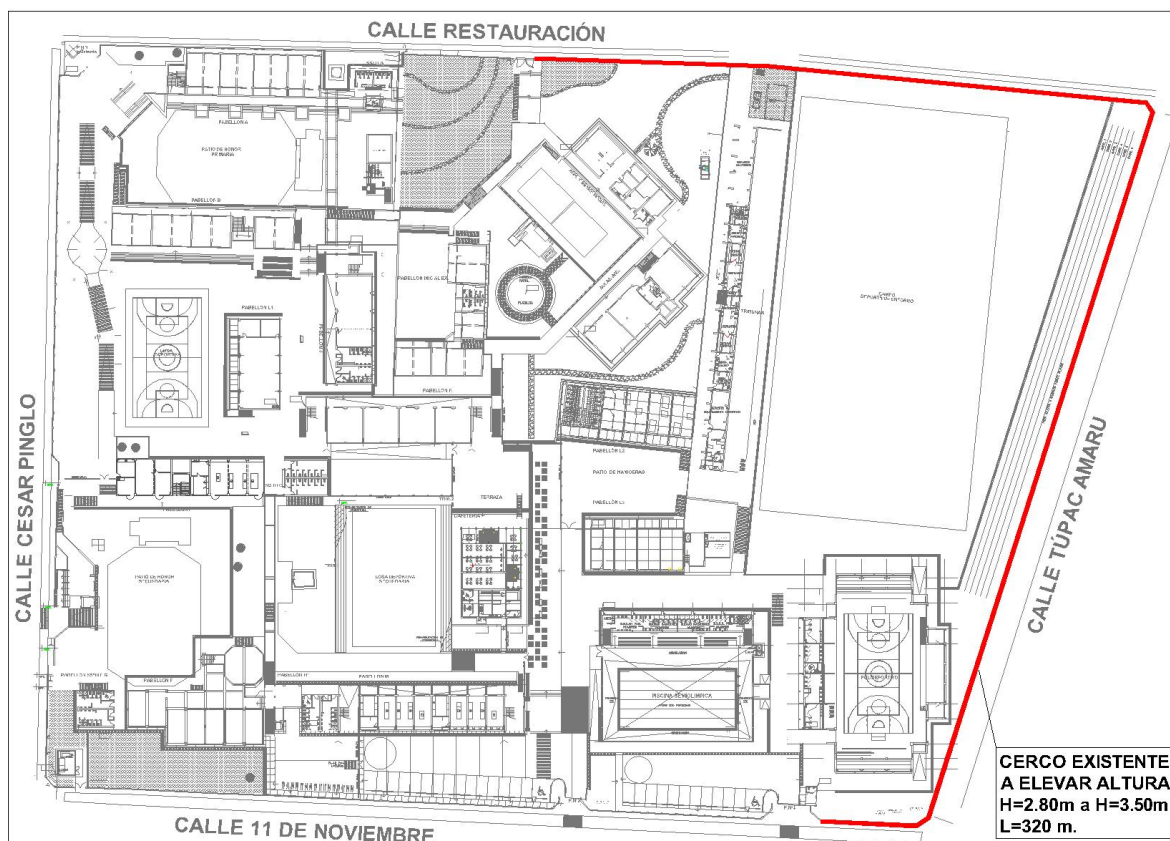
#### **3.3.2. Estructura existente**

Las dimensiones y características observadas del cerco existente se muestran a continuación:

##### **a) Longitud del cerco**

La longitud del cerco elevar su altura, y por ende a evaluar es de 320 metros lineales, tal como se aprecia en el siguiente croquis:

Figura N° 8. Longitud de cerco existente a elevar altura



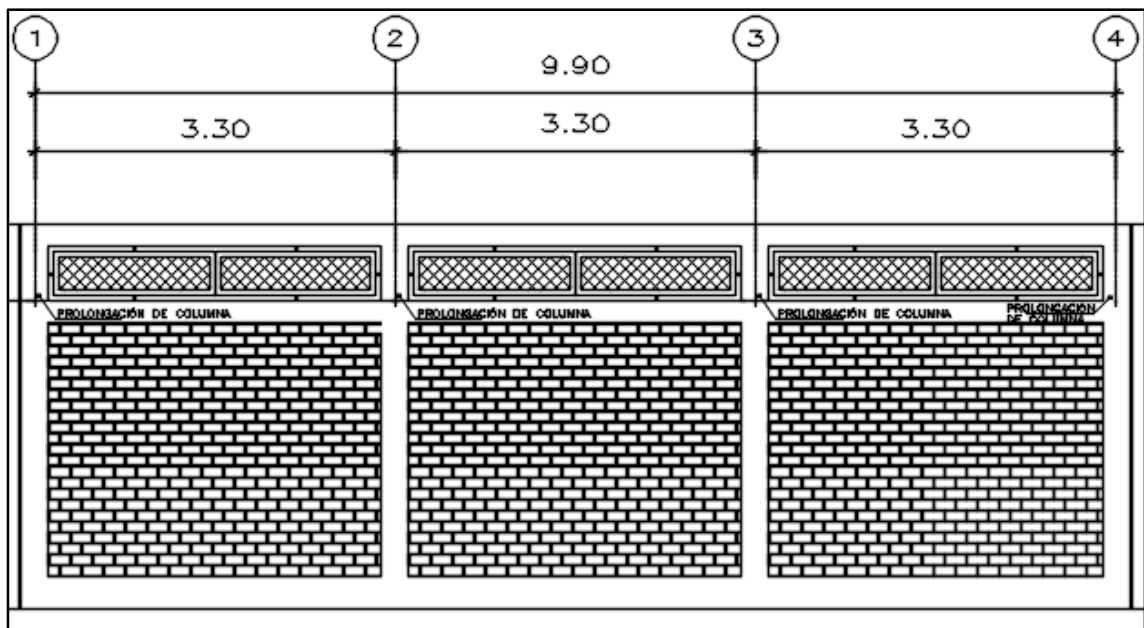
Fuente: Propia

### b) Modulación del cerco

Cada módulo está separado por juntas de dilatación cada 9.90 m. y cada módulo tiene 03 paños separados por columnas de confinamiento con una distancia entre ejes de 3.30 m.:



Figura N° 9. Modulaci3n de cerco existente

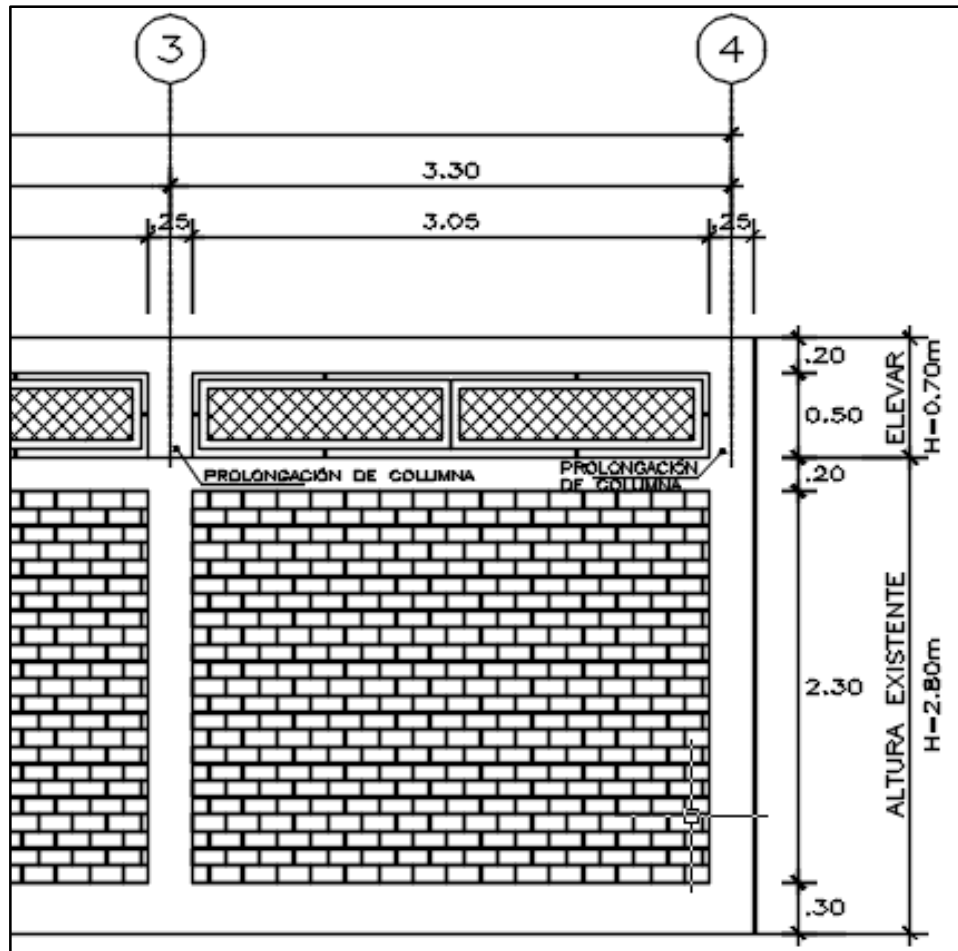


Fuente: Propia

c) **Altura del cerco existente y altura a incrementar**

El cerco tiene un sobre cimienta de 0.30 m. sobre el cual se encuentra asentado un muro de ladrillo King Kong de 18 huecos en una altura de 2.30 m. y en la parte superior existe una viga de confinamiento de 0.20 m. de peralte, teniendo el cerco existente una altura total de 2.80 m. Se desea incrementar una altura de 0.70 m. de los cuales 0.50 m. correspondería a una malla eslabonada de acero inoxidable y 0.20m de una viga collarín.

Figura N° 10. Altura del cerco existente a incrementar



Fuente: Propia

Figura N° 11. Vista del cerco perimétrico existente

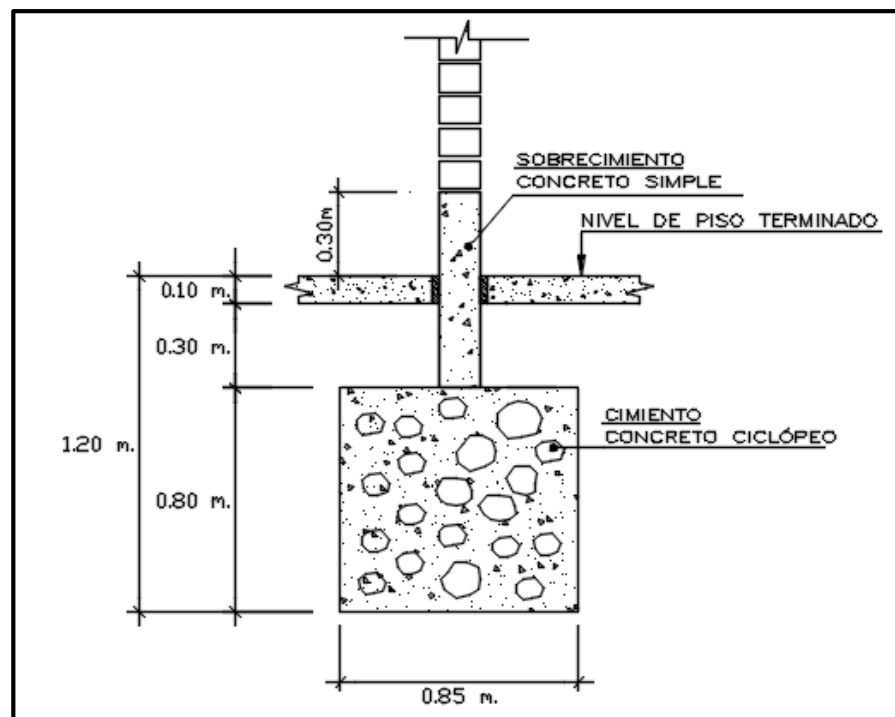


Fuente: Propia

#### d) Cimentación del cerco existente

Se realizó una excavación para verificar las dimensiones y el tipo de cimentación del cerco existente, encontrándose que se trata de un cimiento corrido centrado, de concreto ciclópeo, con un ancho de 0.85 m., una altura de 0.80 m. y una profundidad de desplante de 1.20 m.

Figura N° 12. Dimensiones del cerco existente



Fuente: Propia

Figura N° 13. Verificación del ancho de cimentación, 0.35 m. a cada lado



Fuente: Propia

Figura N° 14. Verificación de la profundidad de cimentación 0.80 m.



Fuente: Propia

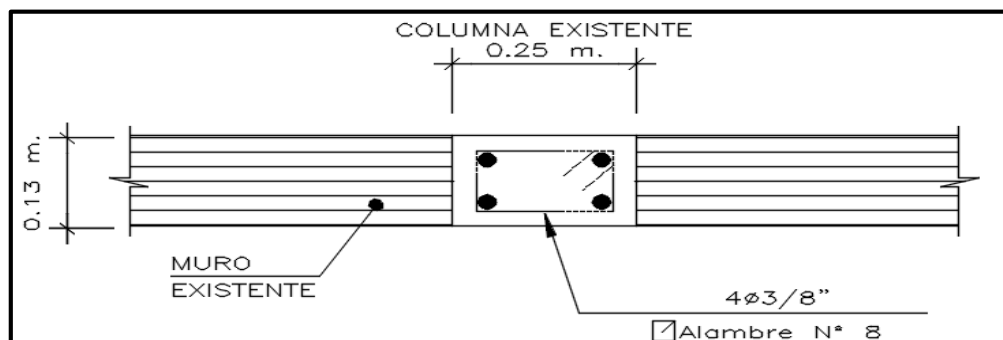
e) **Muro de albañilería**

Está conformado por ladrillos tipos King Kong de 18 huecos tipo IV de dimensiones 9 cm. x 13 cm. x 24 cm, el tipo de aparejo es de soga con juntas de entre 1 cm. a 1.5 cm.

f) **Columnas de confinamiento**

Las columnas tienen un espesor igual que el muro (13 cm. y un ancho de 25 cm., con 4 varillas de refuerzo de 3/8" y estribos con alambre N° 8.

Figura N° 15. Dimensiones de las columnas existentes



Fuente: Propia

Figura N° 16. Verificación de dimensiones y acero de refuerzo en columna existente

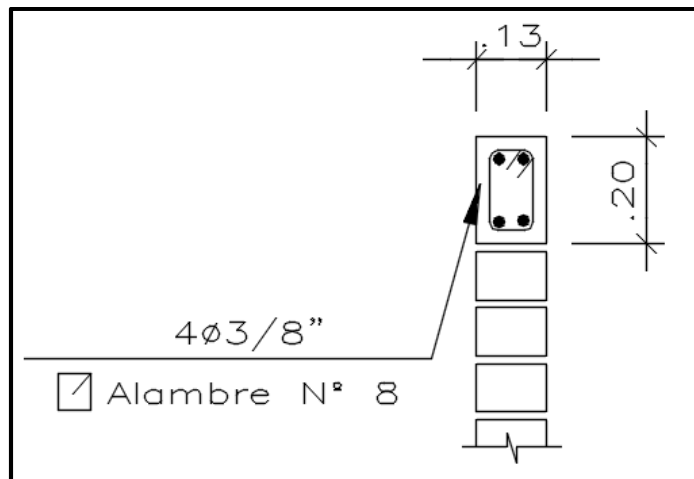


Fuente: Propia

**g) Vigas de confinamiento**

Las vigas tienen un espesor igual que el muro (13 cm. y un peralte de 20 cm., con 4 varillas de refuerzo de 3/8" y estribos con alambre N° 8.

Figura N° 17. Dimensiones de la viga de confinamiento existente

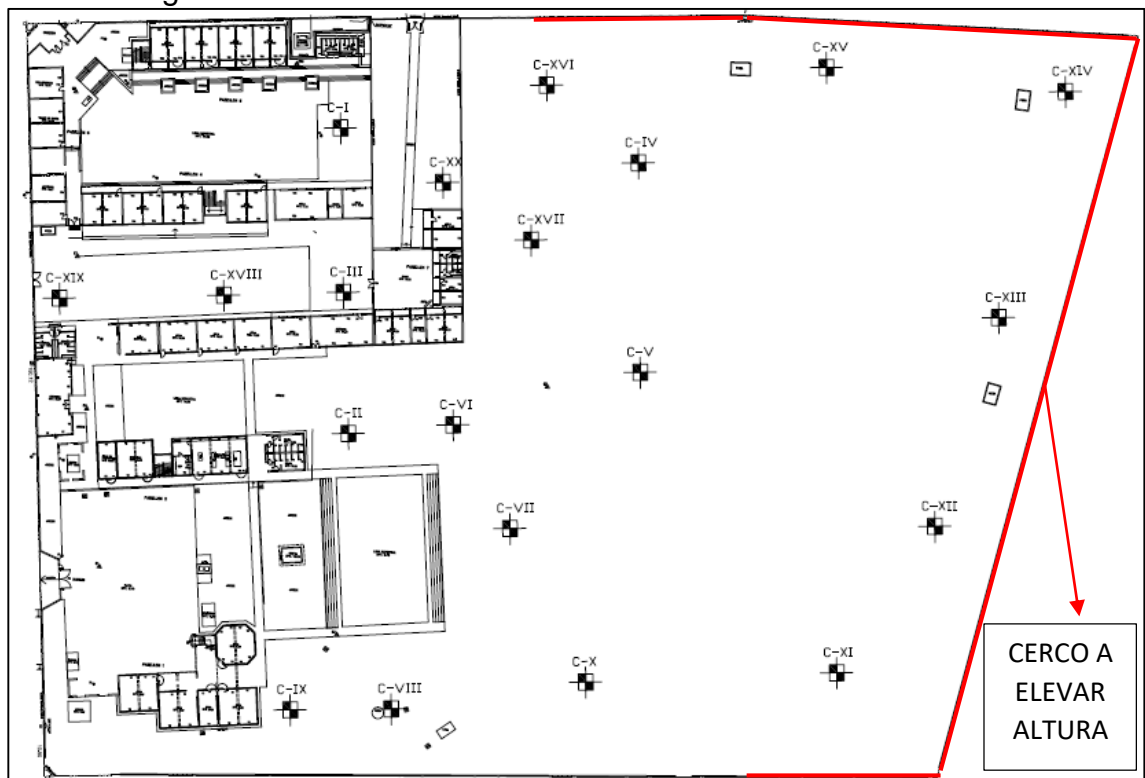


Fuente: Propia

### 3.3.3. Tipo de suelo en la cimentación

El estudio de suelos fue realizado en el año 2011 por el Ing. Pedro E. Alarcón Farfán, donde se aprecia que la conformación estratigráfica del terreno en estudio presenta predominantemente, a nivel de cimentación, un estrato de suelos areno limosos y areno arcillosos inorgánicos de muy baja plasticidad, color claro, en todos los casos, con bajo contenido de humedad en general, hasta una profundidad de 3.00 m.

Figura N° 18. Ubicación de calicatas realizadas en el EMS



FUENTE: Estudio de mecánica de suelos del Ing. Pedro Alarcón

Se aprecia que, para determinar el tipo de suelo en la cimentación del cerco existente a evaluar, se debe revisar el perfil estratigráfico de las calicatas X, XI, XII, XIII, XIV, XV y XVI. Obteniéndose el siguiente cuadro:

Tabla N° 10. Tipos de suelo encontrados por calicata

Calicata	Profundidad	Clasificación según SUCS	Característica
C-X	1.40m-3.00m	SM	Suelo areno limoso, no plástico, con bajo contenido de humedad, color blanquesino, compacto, en estado seco.
C-XI	1.00m-3.00m	SM	
C-XII	1.00m-3.00m	SM	
C-XIII	1.00m-3.00m	SM	
C-XIV	1.00m-3.00m	SM	
C-XV	1.00m-3.00m	SM	
C-XVI	1.40m-3.00m	SM	

Fuente: Estudio de mecánica de suelos del Ing. Pedro Alarcón

Figura N° 19. Calicata C-XIV del E.M.S. Se observa un estrato de 1m. de arena limosa suelta y por debajo un estrato más compacto.



Fuente: Estudio de mecánica de suelos del Ing. Pedro Alarcón

Además, del mismo estudio se puede extraer los siguientes parámetros:

- ✓ Angulo de Fricción interna: 24.00°
- ✓ Cohesión: 0.05 kg/cm<sup>2</sup>

- ✓ Coeficiente de Empuje Activo:  $K_a = 0.42$
- ✓ Profundidad de Napa Freática: No se detectó Nivel Freático.
- ✓ Tipo de cimentación: Zapatas armadas aisladas, conectadas y/o zapatas arriostradas.
- ✓ Profundidad de Cimentación Edificaciones:  $D_f = 1.50$  m.
- ✓ Prof. de Cimentación Muro y/o cerco Perimétrico:  $D_f = 1.00$  m.
- ✓ Estrato de apoyo predominante: Arenas limosas.
- ✓ Presión Admisible de Diseño:  $Q_{adm} = 1.04$  Kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Distorsión Angular Máxima: 1/500
- ✓ Factor de Seguridad: F.S. = 3.00
- ✓ Agresividad del suelo al concreto: Moderada.
- ✓ Tipo de cemento para cimentación: Se recomienda utilizar Cemento Tipo II,
- ✓ Asimismo, se recomienda utilizar aditivos impermeabilizantes en el concreto utilizado en la cimentación, debido a que en la ciudad de Piura se sufre constantemente de inundaciones a causa del fenómeno del niño.
- ✓ Tipo de Suelo: III (suelo blando)  $S_3$
- ✓ Periodo:  $T_p$  (seg): 0.90
- ✓ Factor de Suelo: 1.4 (con la norma actual sería 1.1)

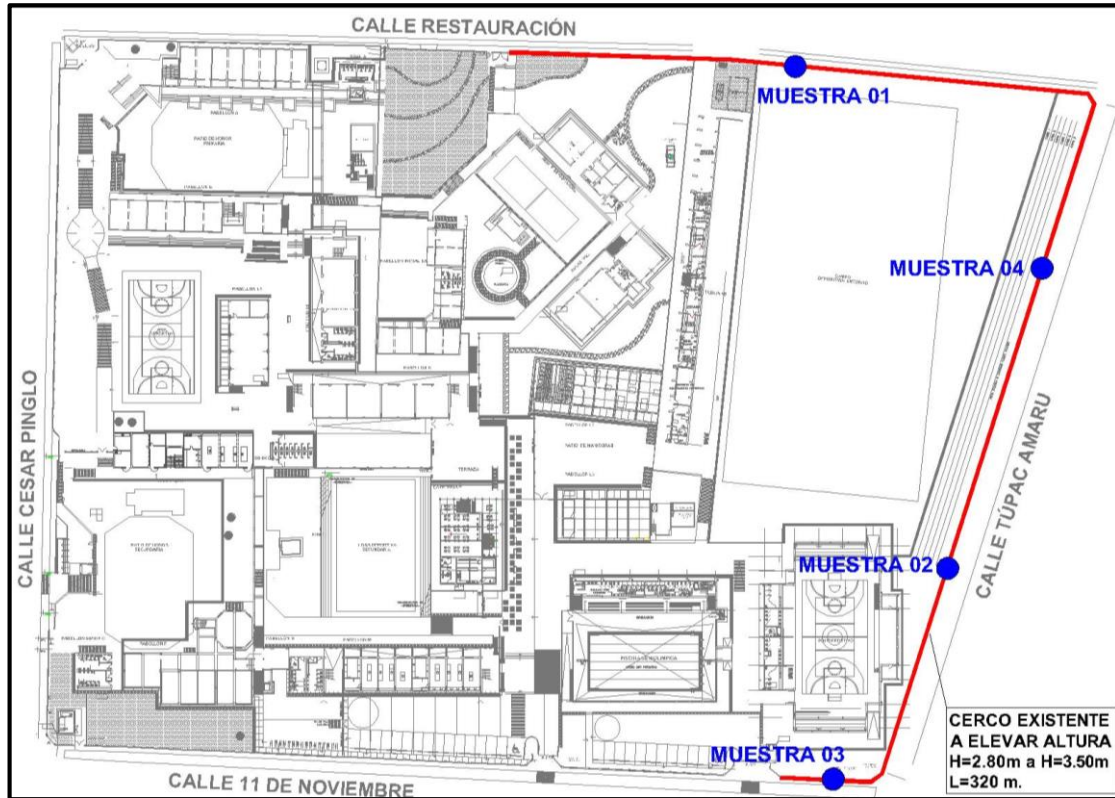
#### **3.3.4. Resistencia a la compresión $f'_c$ de las columnas existentes**

Se realizaron ensayos de núcleos (testigos perforados), de acuerdo a la norma ASTM C 42M, en 4 puntos representativos de las columnas



existentes para comprobar la hipótesis de que todo el concreto tenía una resistencia a la compresión menor a 175 kg/cm<sup>2</sup>

Figura N° 20. Probetas tomadas de las columnas existentes



Fuente: Propia

Figura N° 21. Muestra N° 01, columna existente en calle Restauración



Fuente: Propia

Figura N° 22. Muestra N° 02, columna existente en calle Túpac Amaru



Fuente: Propia

Figura N° 23. Extracción de muestra N° 03, columna en calle 11 de noviembre



Fuente: Propia

Figura N° 24. Extracción de muestra N° 04, columna en calle Túpac Amaru



Fuente: Propia

Se ensayaron las muestras en el laboratorio de ensayo de materiales de construcción de la Universidad de Piura, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla N° 11. Resultado de ensayo de probetas (ver corrección por esbeltez en el Anexo N° 01)

<b>Espécimen</b>	<b>Diámetro (cm)</b>	<b>Carga Máxima (kg)</b>	<b>Resistencia de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Muestra 01	7.0	7737	195
Muestra 02	7.0	8582	202
Muestra 03	7.0	3485	90
Muestra 04	7.0	5493	140

Fuente: Universidad de Piura

De aquí se observa que la resistencia del concreto en las columnas existentes no cumple con la resistencia mínima para elementos de confinamiento (175 kg/cm<sup>2</sup>).

## **CAPITULO IV: DESARROLLO DEL INFORME**

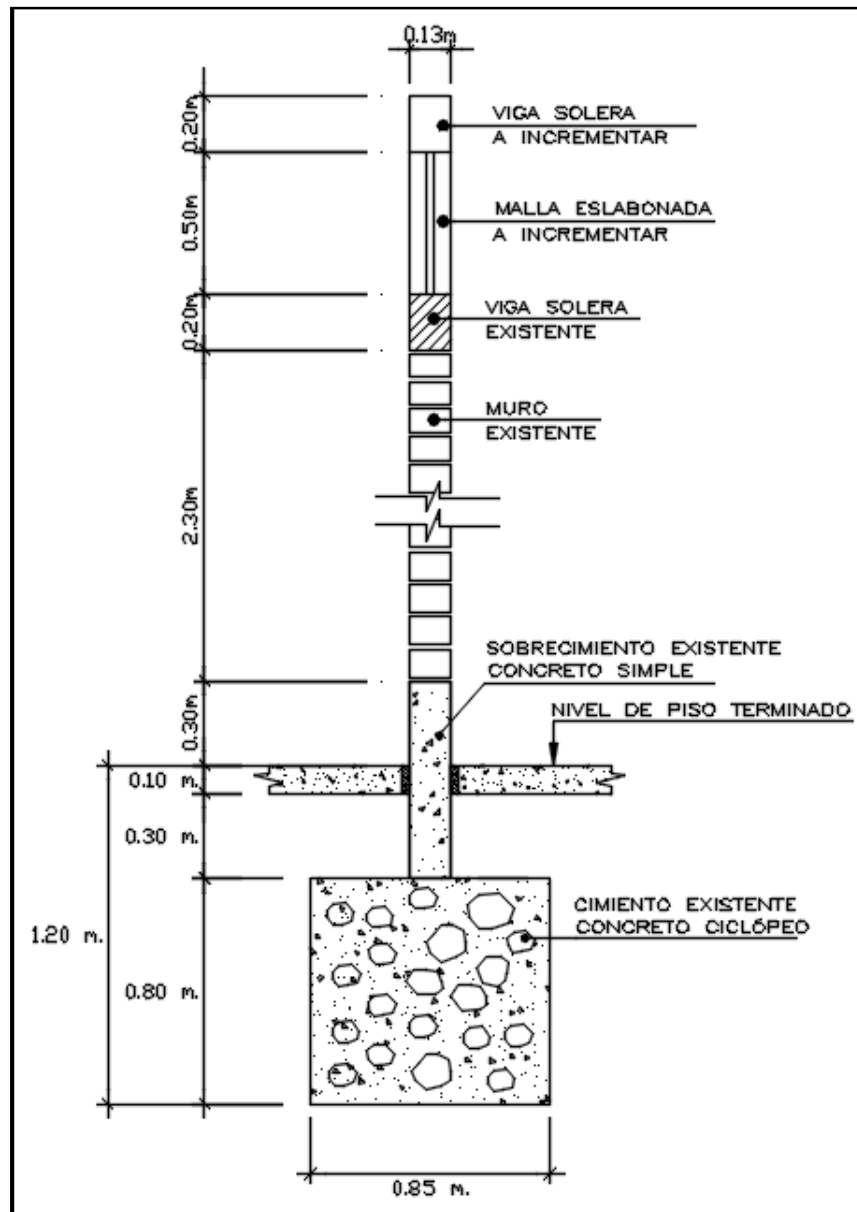
### **4.1. Resultados**

#### **4.1.1. Evaluación del cerco perimétrico existente con elevación de altura y sin reforzamiento**

Se realizaron las verificaciones estructurales en condiciones sísmicas sin reforzamiento y proyectando la elevación de 0.70 m. de las columnas, con una viga collarín de las mismas dimensiones que la existente. Para ello primero se realizó verificaciones de resistencia al efecto producido por las fuerzas sísmicas perpendiculares al plano del muro, tal como lo indica la norma E.070, siendo las siguientes:

- ✓ Verificación del espesor del muro ante condiciones sísmicas.
- ✓ Verificación de estabilidad (volteo y deslizamiento) ante condiciones sísmicas.
- ✓ Verificación de resistencia a la flexión de las columnas de confinamiento ante eventos sísmicos.

Figura N° 25. Cerco con elevación de altura y sin reforzamiento



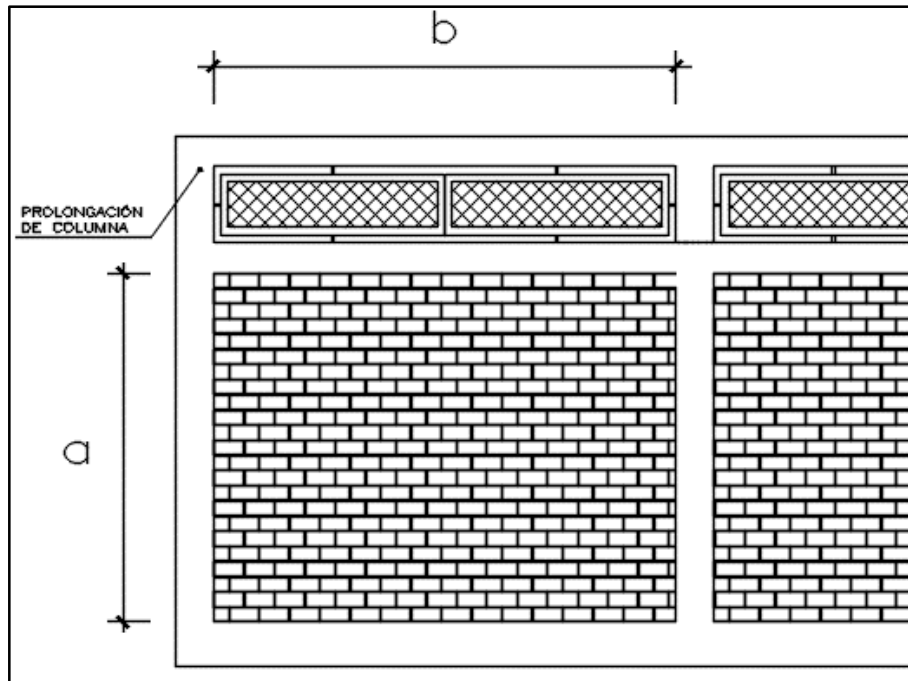
Fuente: Propia

#### 4.1.1.1. Comprobación del espesor del muro

Definimos que el valor de "a" es la altura del muro, por ser la menor dimensión para el caso de un muro con 4 bordes arriostrados, según la tabla 12 de la norma E.070.



Figura N° 26. Dimensiones del paño de muro de albañilería



Fuente: Propia

DATOS:

Numero de bordes arriostrados : 4

Ubicación dentro de la zonificación : Sechura - Piura

Zona (Anexo N° 1 Norma E.030) : 4

Factor de uso U (Tabla N° 5 - E.030) : 1.5

Espesor efectivo (t) : 0.13 m.

Ma = Momento Actuante =  $mw_s a^2$

(Art. 29.7 Norma E.030)

Mr=Momento Resistente =  $\frac{f_t t^2}{6}$

(Art. 29.7 Norma E.030)

Donde:

m = coeficiente de momentos (adimensional)

$a$  = Dimensión Crítica del paño de albañilería : 2.3 m  
 $w_s$  = carga uniforme sísmica =  $0.8 ZUC_1 \gamma_e$  : 84.31 kg/m<sup>2</sup>  
 $Z$  = Factor de Zona (Tabla 1 Norma E. 030) : 0.45  
 $U$  = Factor de importancia (Tabla 5 - E. 030) : 1.5  
 $S$  = Factor de Suelo (EMS, tabla N° 3 - E.030) : 1.1  
 $C_1$  = Coeficiente Sísmico (Tabla N° 12 E. 030): 3.0  
 $\gamma$  = Peso volumétrico albañilería (Anexo 1 E.020): 1,350 kg/m<sup>3</sup>  
 $e$  = espesor bruto del muro =  $(t)$  espesor efectivo: 0.13 m  
 $f_t$  = Esfuerzo adm. Flexión (Art. 29.8 E.070) : 15,000 kg/m<sup>2</sup>

Hallando "m"

**Caso 1.**

<b>Muro con cuatro bordes arriostrados</b>		
a=	b/a=	m=
Menor dimensión	1.00	0.04790
	1.20	0.06270
	1.40	0.07550
	1.60	0.08620
	1.80	0.09480
	2.00	0.10170
	3.00	0.11880
	∞	0.12500

$$b = \text{la otra dimensión del muro} = 3.05 \text{ m}$$

$$b/a = \frac{3.05}{2.3} = 1.33$$

Interpolando

m		b/a
$\left[ \begin{array}{c} 0.06270 \\ X \\ 0.07550 \end{array} \right]$		$\left[ \begin{array}{c} 1.20 \\ 1.33 \\ 1.40 \end{array} \right]$
$\frac{X - 0.06270}{0.07550 - 0.06270}$	=	$\frac{1.3261 - 1.2000}{1.40 - 1.2000}$
$\frac{X - 0.06270}{0.0128}$	=	$\frac{0.13}{0.20}$

$$\implies X = m = 0.07077$$

$$Ma = \text{Momento Actuante} = mw_s a^2 = 106.44 \text{ kg-m/m}$$

$$Mr = \text{Momento Resistente} = \frac{f_t t^2}{6} = 42.25 \text{ kg-m/m}$$

Por tanto:  $Mr < Ma$  **El espesor no cumple**

Sin embargo, por factores económicos se tomó como válido el cálculo con el factor sísmico  $C1 = 0.60$  (tabla N° 9 del RNE del año 2006, vigente al momento de la construcción del cerco), dando como resultado:

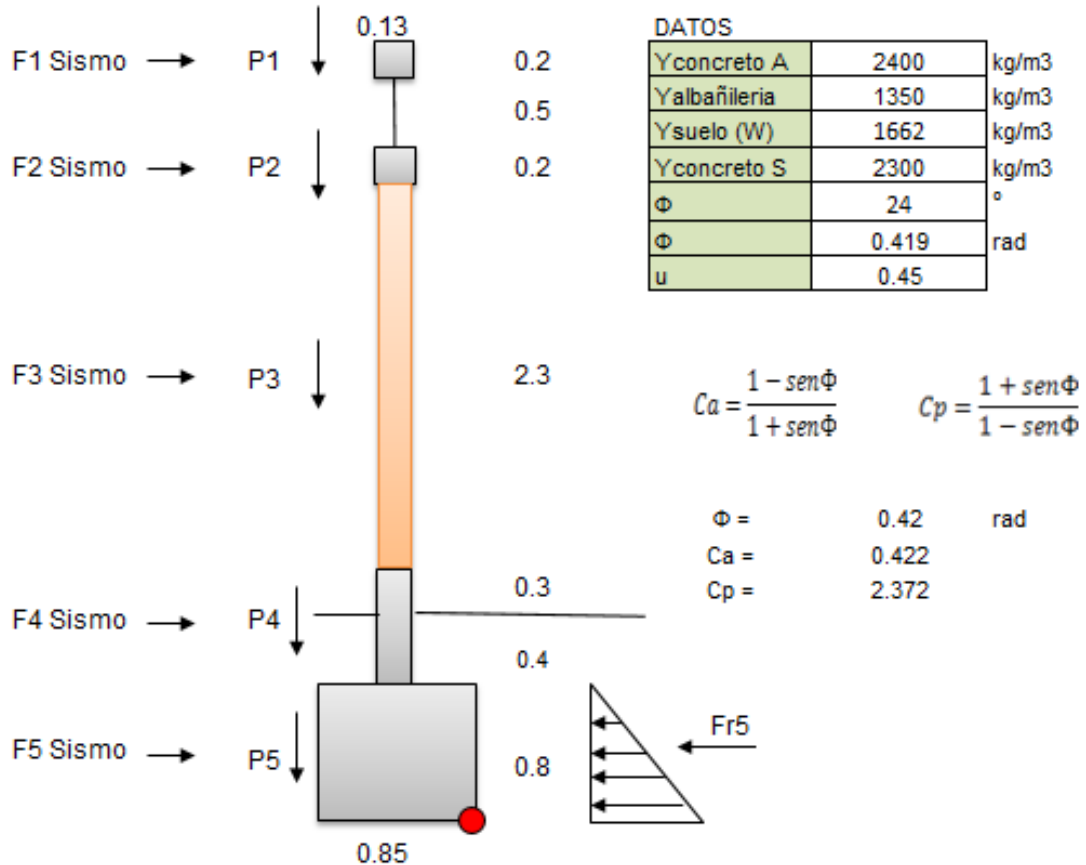
$$Ma = 21.29 \text{ kg-m/m} < Mr = 42.25 \text{ kg-m/m} \quad \text{El espesor cumple}$$

#### 4.1.1.2. Verificación de estabilidad (volcamiento y deslizamiento)



## VERIFICACION DE ESTABILIDAD (VOLCAMIENTO Y DESLIZAMIENTO)

Analizando para 01 metro lineal del cerco



SEGÚN NORMA E-030

$$F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$$

	EFEECTO	FUERZA (kg)	BRAZO (m)	MOMENTO (kg.m)
ACTUANTES	F1 Sismo	23.17	4.6	106.56
	F2 Sismo	23.17	3.9	90.35
	F3 Sismo	149.86	2.65	397.12
	F4 Sismo	81.08	1.15	93.24
	F5 Sismo	605.88	0.4	242.35
	<b>TOTAL</b>	<b>883.15</b>		<b>929.62</b>
RESISTENTES	P1 - PESO PROPIO	62.40	0.425	26.52
	P2 - PESO PROPIO	62.40	0.425	26.52
	P3 - PESO PROPIO	403.65	0.425	171.55
	P4 - PESO PROPIO	218.40	0.425	92.82
	P5 - PESO PROPIO	1632.00	0.425	693.60
	RELLENO	478.66	0.425	203.43
	EMPUJE PASIVO	224.44	0.533	119.70
	<b>TOTAL</b>	<b>2857.506</b>		<b>1214.44</b>

## FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$F.S = \frac{\sum mFr}{\sum mFa} \quad F.S = 1.70 > 1.5 \quad \text{Cumple}$$

## FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

$$F.S = \frac{\sum mMr}{\sum mMa} \quad F.S = 1.31 < 2.0 \quad \text{No Cumple}$$

### 4.1.1.3. Verificación de la sección de la columna de confinamiento

Según el Art. 20.5 el peralte mínimo de la columna de confinamiento es de 15 cm. por tanto **el peralte no cumple.**

La sección a.3) del Art. 27.3 señala que la sección de las columnas no será menor a 15t (siendo t el espesor efectivo del muro)

Sección existente > Sección mínima

13 cm.x25 cm. = 325 cm<sup>2</sup> > 15cm.x13 cm. = 195 cm<sup>2</sup>

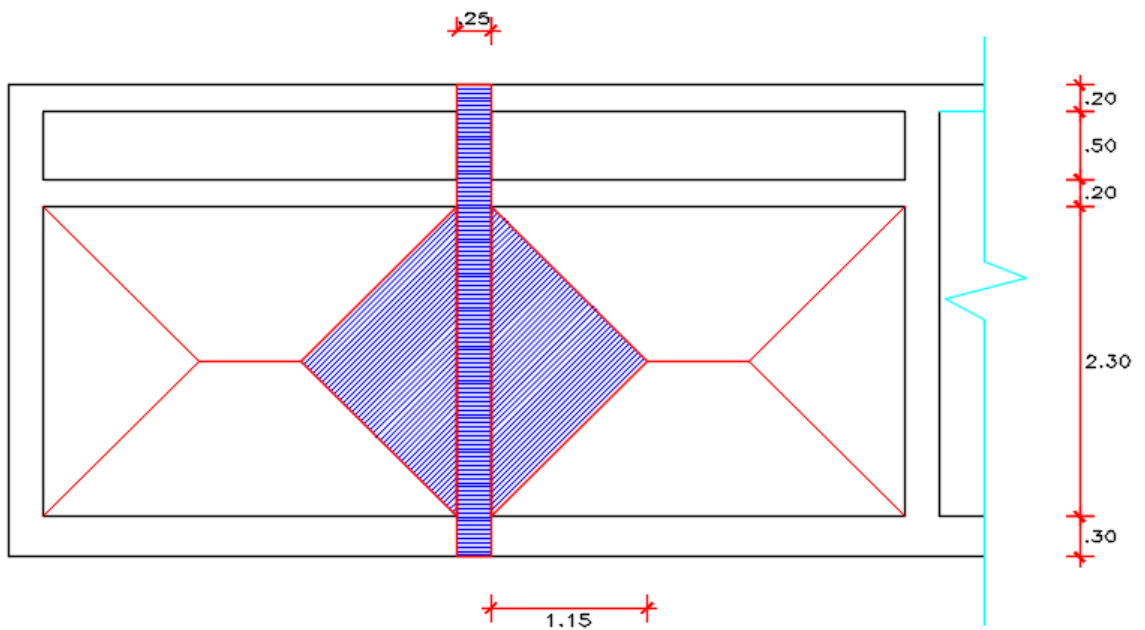
Por tanto, **la sección cumple** con lo mínimo requerido.

### 4.1.1.4. Verificación de la columna por compresión

No aplica por ser un muro no portante

### 4.1.1.5. Verificación de la columna por flexión

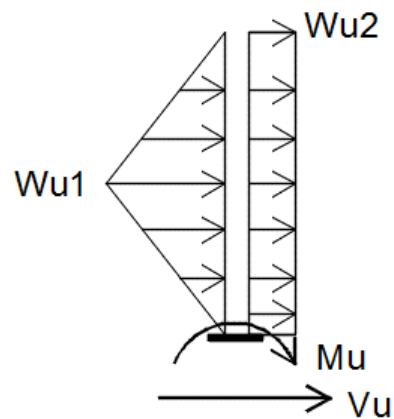
Analizando para el caso para la columna más crítica



Carga sísmica generada por el muro en la columna por m2

$$w_s = \text{carga uniforme sísmica} = 0.8 ZUC1\gamma_e = 284.31 \text{ kg/m}^2$$

Cargas sísmicas actuantes sobre la columna



$w_{u1}$  = carga última ejercida por el muro (izquierda y derecha)

$$w_{u1} = 2 (w_s \times 0.25) = 142.155 \text{ kg/m}$$

$w_{u2}$  = carga última ejercida por la columna

$$w_{u2} = (0.8ZUC1\gamma_{Ce}) \times 0.25 = 126.36 \text{ kg/m}$$

$M_u$  = momento último ejercido por el muro y la columna

$$M_u = w_{u1} \times 2.30/2 \times (0.30 + 2.30/2) + w_{u2} \times 3.50 \times (3.50/2)$$

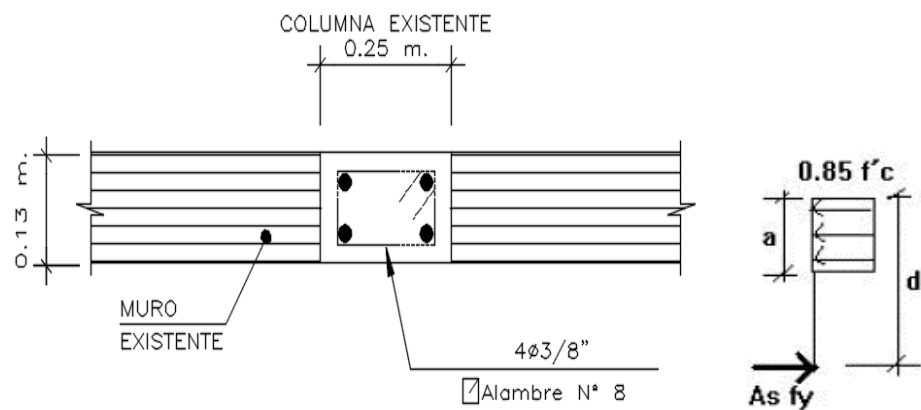
$$M_u = 937.43 \quad \text{kg-m}$$

$$93743.33 \quad \text{kg-cm}$$

$V_u =$  cortante última

$$V_u = w_{u1} \times 2.3/2 + w_{u2} \times 3.5 = 605.74 \text{ kg}$$

#### 4.1.1.6. Verificación de acero transversal en la columna existente



Peralte columna = 13 cm

Ancho columna = 25 cm

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Estribos  $\emptyset =$  Alambre N<sup>o</sup> 8

$F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Recubrimiento = 2.5 cm

$d = 10.50 \text{ cm}$

$a = d/5 = 2.1 \text{ cm}$

Por el método de Charles S. Whitney, verificando el estado de resistencia última.

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi f_y (d - a/2)}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c * b}$$

Iterando tenemos:

$$A_s = 2.62 \text{ cm}^2$$

$$a = 2.96 \text{ cm}$$

$$A_s = 2.75 \text{ cm}^2$$

$$a = 3.11 \text{ cm}$$

$$A_s = 2.77 \text{ cm}^2$$

$$a = 3.13 \text{ cm}$$

$$A_s = 2.78 \text{ cm}^2$$

$$a = 3.13 \text{ cm}$$

Tomamos  $A_s = 2.78 \text{ cm}^2$

Columna existente = 2 Ø 3/8";  $A_s(e) = 1.42 \text{ cm}^2$

Por tanto **el acero de refuerzo en la columna con cumple con el diseño por flexión.**

#### 4.1.1.7. Verificación de los estribos en la columna existente

La resistencia del concreto es:

$$V_c = 0,53\sqrt{f'_c}.b.w.d \quad V_c = 1,840.45 \text{ kg}$$

Y la cortante última es:  $V_u = 605.73 \text{ kg}$ .

Por tanto, no es necesario colocar estribos ya que la resistencia del concreto es suficiente, sin embargo, la sección a.3 del Art. 27.3 de la norma E.070 señala que el mínimo de estribos es de Ø 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm. en el sobre cimiento.

Entonces **los estribos en la columna existente no cumplen con el mínimo requerido** ya que son estribos de alambre N° 8. ( $\varnothing$  4.2 mm.)

#### 4.1.2. Evaluación de los elementos a reforzar

De la evaluación ante un evento sísmico efectuada, podemos resumir lo siguiente:

Tabla N° 12. Resultado de la evaluación estructural sin reforzamiento

<b>Elemento</b>	<b>Verificación</b>	<b>Verificación</b>	<b>Reforzamiento</b>
Muro	Espesor	Cumple	No necesita
Cimentación	F.S. deslizamiento	Cumple	Necesita reforzamiento
	F.S. volcamiento	No cumple	
Columnas de confinamiento	Resistencia del concreto	No cumple	Necesita reforzamiento
	Sección mínima	Cumple	
	Acero para resistencia por flexión	No cumple	
		No cumple	
	Estribos (mínimo)	No cumple	

#### 4.1.3. Reforzamiento de los elementos del cerco perimétrico.

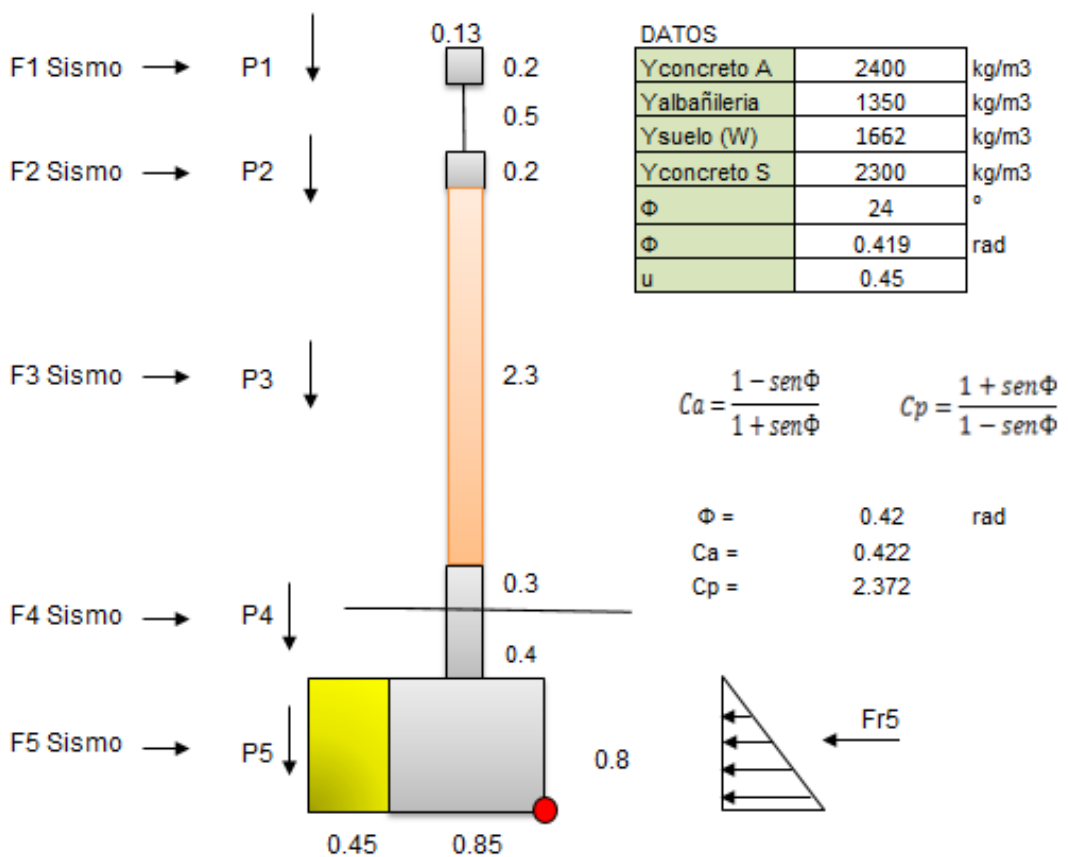
##### 4.1.3.1. Reforzamiento de la cimentación

Para cumplir con el factor de seguridad al volteo, se necesitaría profundizar la cimentación o ampliar el ancho de la misma. Debido a las condiciones de la estructura existente optaremos por ampliar el ancho de la cimentación.

Primero realizaremos la verificación del ancho de zapata a ampliar para poder cumplir con el factor de seguridad al volcamiento.

Analizando en el sentido más desfavorable tenemos:

**Analizando para 01 metro lineal del cerco**



Cuyos resultados serían:

SEGÚN NORMA E-030  $F = 0,5 \cdot Z \cdot U \cdot S \cdot P_e$

	<b>EFEECTO</b>	<b>FUERZA (kg)</b>	<b>BRAZO (m)</b>	<b>MOMENTO (kg.m)</b>
<b>ACTUANTES</b>	F1 Sismo	23.17	4.6	106.56
	F2 Sismo	23.17	3.9	90.35
	F3 Sismo	149.86	2.65	397.12
	F4 Sismo	81.08	1.15	93.24
	F5 Sismo	926.64	0.4	370.66
	<b>TOTAL</b>	1203.91		1057.93
<b>RESISTENTES</b>	P1 – Peso propio	62.40	0.425	26.52
	P2 - Peso propio	62.40	0.425	26.52
	P3 - Peso propio	403.65	0.425	171.55
	P4 - Peso propio	218.40	0.425	92.82
	P5 - Peso propio	2496.00	0.65	1622.40
	Relleno	777.82	0.485	377.24
	Empuje pasivo	224.44	0.533	119.70
	<b>TOTAL</b>	4020.666		2317.05

### FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

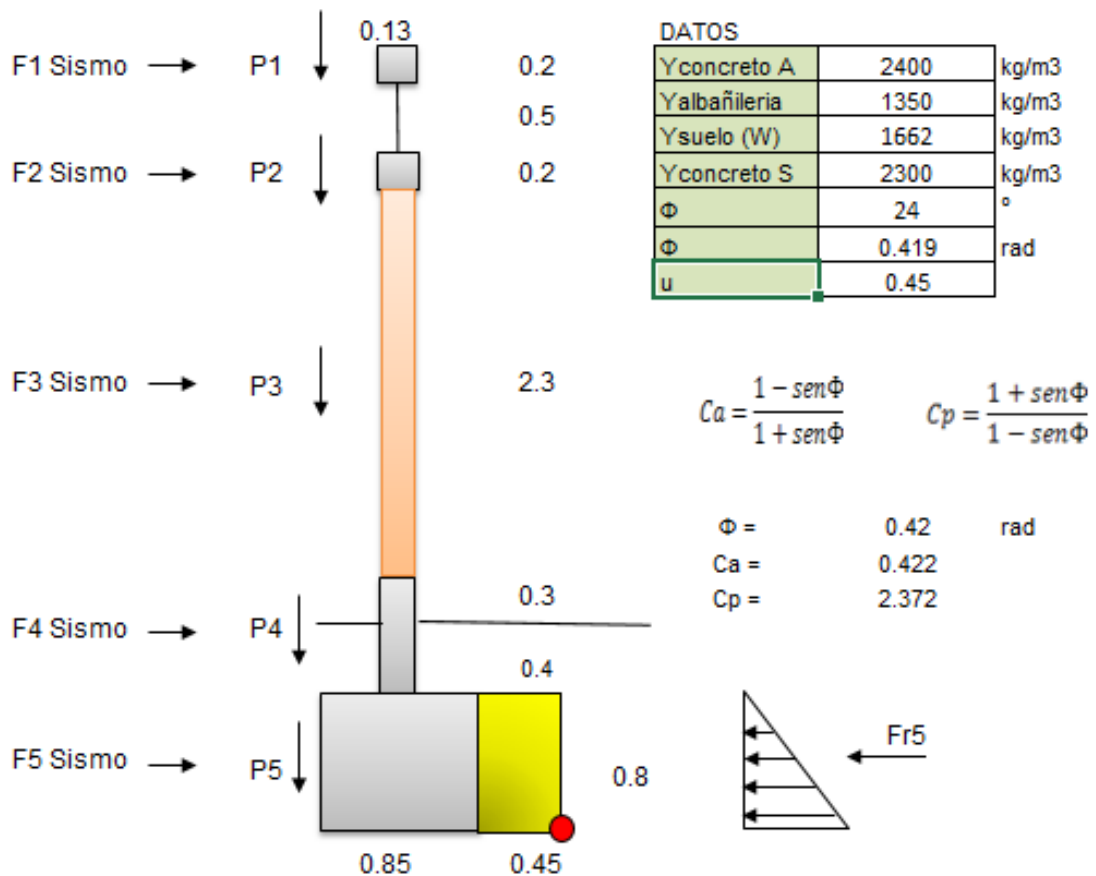
$$F.S = \frac{\sum mFr}{\sum mFa} \quad F.S = 1.67 > 1.5 \text{ Cumple}$$

### FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

$$F.S = \frac{\sum mMr}{\sum mMa} \quad F.S = 2.19 > 2.0 \text{ Cumple}$$

Analizando en el sentido contrario tendríamos:





Dando los siguientes resultados:

### FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO

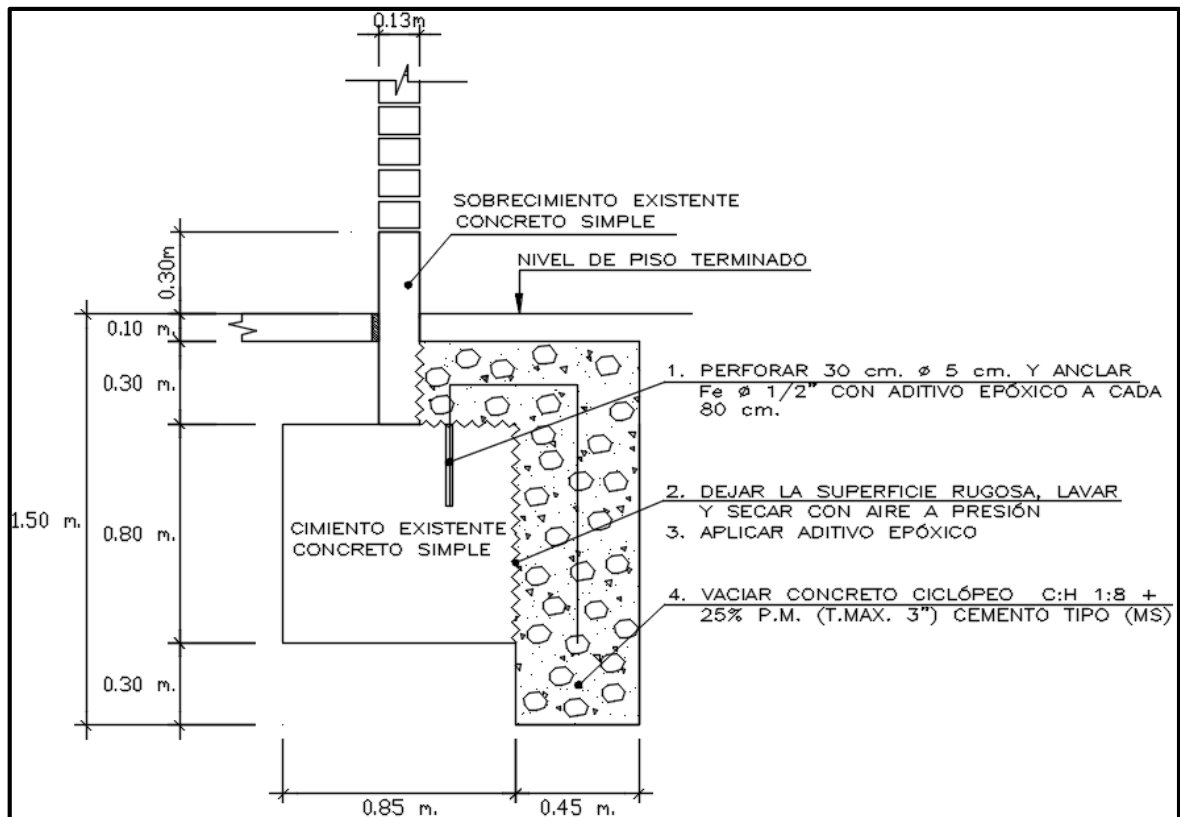
$$F.S = \frac{\sum mFr}{\sum mFa} \quad F.S = 1.67 > 1.5 \text{ Cumple}$$

### FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO

$$F.S = \frac{\sum mMr}{\sum mMa} \quad F.S = 2.35 > 2.0 \text{ Cumple}$$

Esto significa que el nuevo ancho de la cimentación vendría a ser 0.85 m. + 0.45 m. = 1.30 m. Por lo que se define el siguiente procedimiento para este fin:

Tabla N° 13. Procedimiento para reforzamiento del cimiento corrido



Fuente: Propia

Donde se aprecia el proceso constructivo para reforzar la cimentación y de esta forma lograr la estabilidad al deslizamiento y volteo.

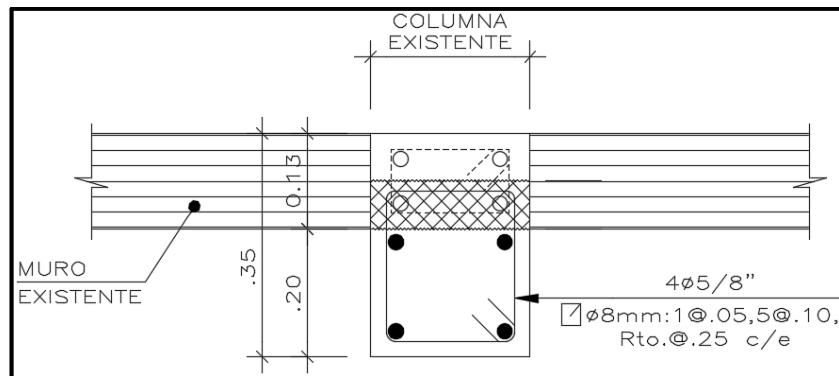
#### 4.1.3.2. Reforzamiento de las columnas de confinamiento

Como se pudo apreciar en el acápite 3.4.4., de los cuatro ensayos de resistencia a la compresión del concreto en las columnas de confinamiento, existen dos resultados con resistencia inferior a 175 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que no se cumple con el Art. 9 de la norma E.070.

También se pudo verificar en el acápite 4.1.1. Que el acero de refuerzo en las columnas de confinamiento no cumple con el diseño a flexión ante las fuerzas sísmicas.

Por lo que se concluye que las columnas existentes no aportan resistencia por parte del concreto ni por parte del acero de refuerzo, planteándose la siguiente solución:

Figura N° 27. Reforzamiento de columna existente - Planta



Fuente: Propia

### Verificación del acero de refuerzo

Análogamente al acápite 4.1.1. Tenemos:

Se conoce:

$w_{u1}$  = carga última ejercida por el muro (izquierda y derecha)

$$w_{u1} = 2 (w_s \times 0.25) = 142.155 \text{ kg/m}$$

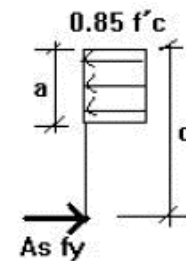
Se vuelve a calcular:

$w_{u2}$  = carga última ejercida por la columna

$$w_{u2} = (0.8ZUC1\gamma C_e) \times 0.25 \text{ (siendo } e=0.35 \text{ m. ahora)}$$

$$w_{u2} = 291.60 \text{ kg/m}$$

$M_u$  = momento último ejercido por el muro y la columna



$$M_u = w_{u1} \times 2.30/2 \times (0.30 + 2.30/2) + w_{u2} \times 3.50 \times (3.50/2)$$

$$M_u = 1,949.53 \quad \text{kg-m}$$

$$194,952.83 \quad \text{kg-cm}$$

$V_u$  = cortante última

$$V_u = w_{u1} \times 2.3/2 + w_{u2} \times 3.5 = 1,184.78 \text{ kg}$$

Peralte columna = 20 cm

Ancho columna = 25 cm

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Estribos  $\varnothing = 6 \text{ mm}$

$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Recubrimiento = 4.0 cm

$d = 16.0 \text{ cm}$

$a = d/5 = 3.2 \text{ cm}$

Por el método de Charles S. Whitney, verificando el estado de resistencia última.

$$A_s = \frac{M_u}{\Phi f_y (d - a/2)}$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c \cdot b}$$

Iterando tenemos:

$$A_s = 3.58 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.05 \text{ cm}$$

$$A_s = 3.69 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.17 \text{ cm}$$

$$A_s = 3.71 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.19 \text{ cm}$$

$$A_s = 3.71 \text{ cm}^2$$

$$a = 4.19 \text{ cm}$$

Tomamos  $A_s = 3.71 \text{ cm}^2$

Se tiene en la columna propuesta 2  $\varnothing 5/8$ " en esfuerzo a flexión

$A_s$  (propuesta) =  $3.96 \text{ cm}^2 > 3.71 \text{ cm}^2$  **Cumple**

## Verificación de los estribos

La resistencia del concreto es:

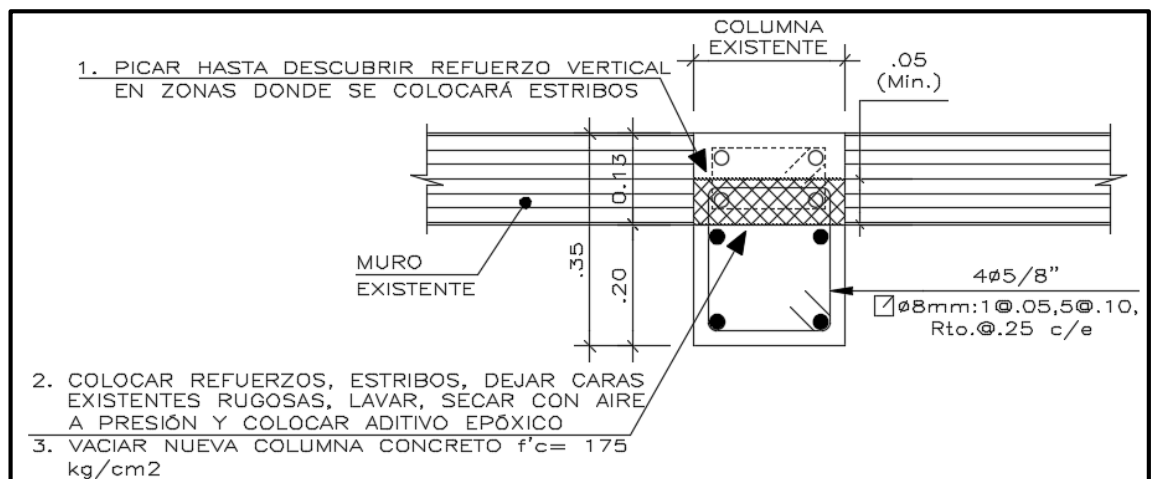
$$V_c = 0,53\sqrt{f'_c}.b.w.d \quad V_c = 2,804.50 \text{ kg}$$

Y la cortante última es:  $V_u = 1,184.74 \text{ kg}$ .

Por tanto, no es necesario colocar estribos ya que la resistencia del concreto es suficiente, por lo que se colocará el acero mínimo,  $\emptyset 8\text{mm}$ , 1 @ 5, 5 @ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm. en el sobre cimientto.

Para este fin se define el siguiente procedimiento:

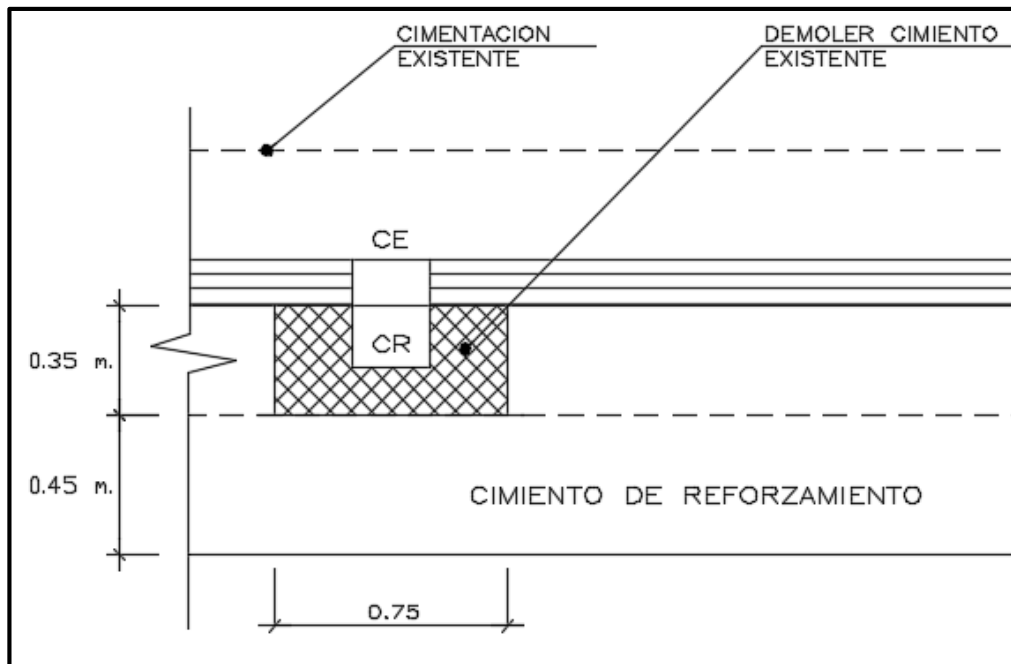
Figura N° 28. Procedimiento para reforzamiento de columnas - Planta



Fuente: Propia

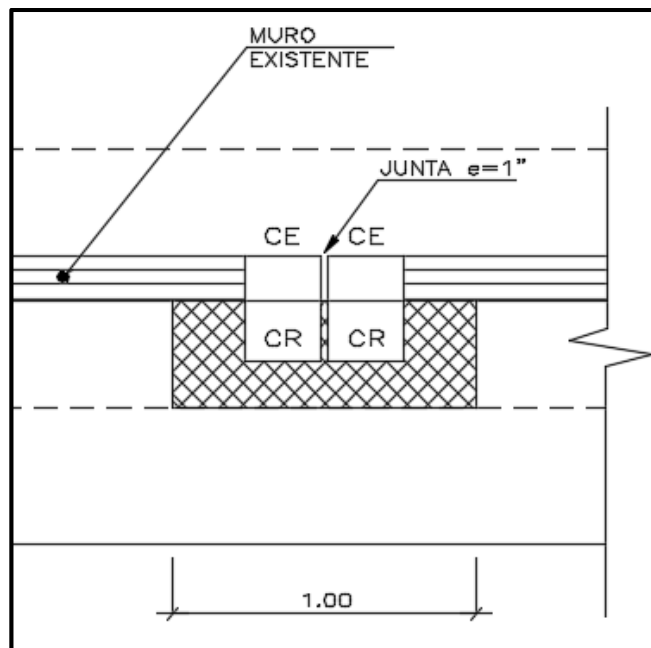
En la zona del cimientto para columnas se reforzará de la siguiente forma:

Figura N° 29. Reforzamiento de cimiento en columnas intermedias



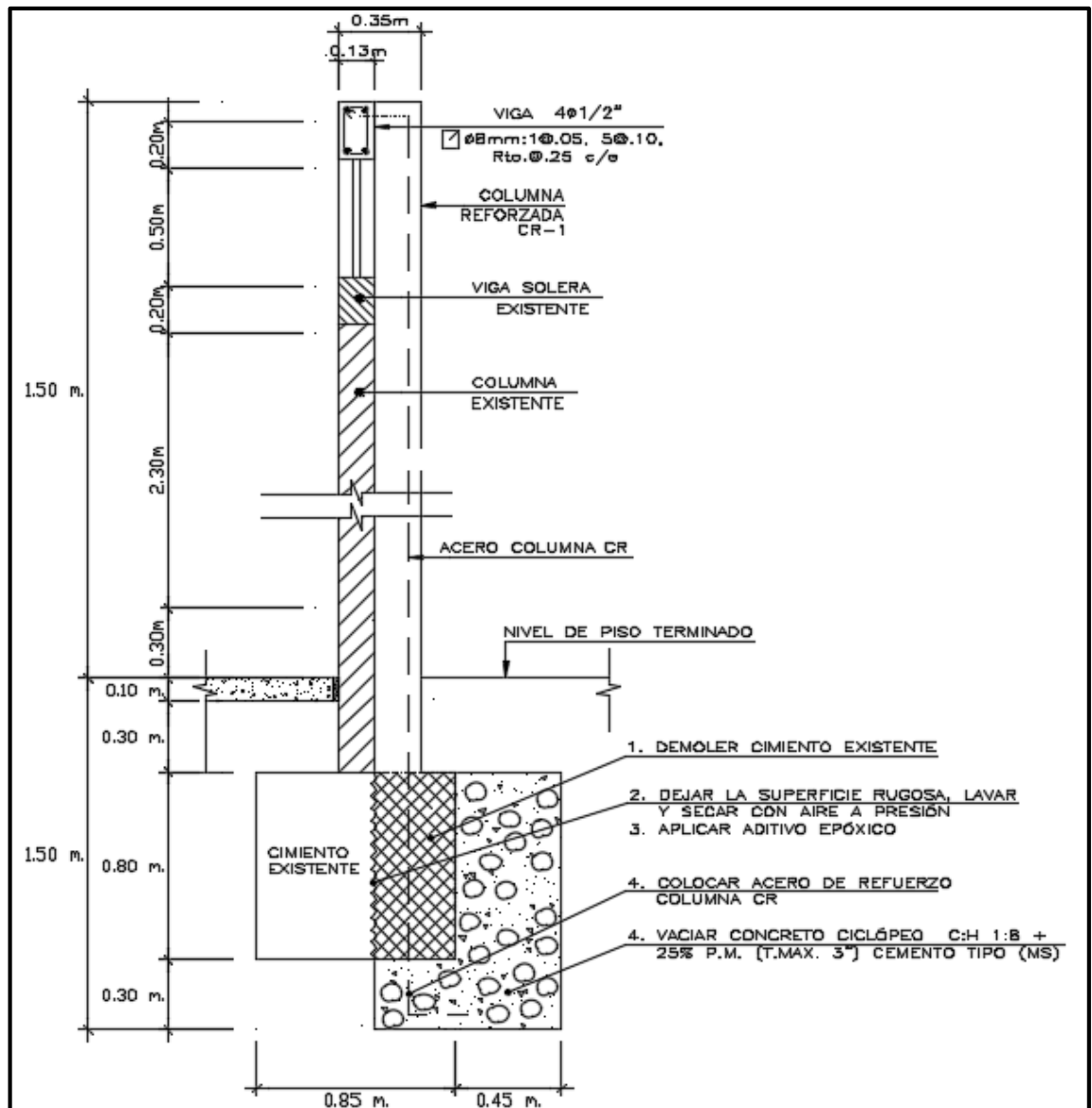
Fuente: Propia

Figura N° 30. Reforzamiento en columnas finales de módulo



Fuente: Propia

Figura N° 31. Reforzamiento de columnas existentes - Sección



Fuente: Propia

## 4.2. Discusión de los resultados

### 4.2.1. Evaluación de la estructura existente

Se pudo analizar el resultado de la evaluación estructural del cerco perimétrico existente en la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019, tomando como parámetros, el sistema constructivo, las dimensiones de cada componente estructural, corroborar las características de los

materiales que se utilizaron en su construcción, evaluar los daños que se hayan podido producir desde su construcción y evaluar la resistencia de cada componente para luego calcular si en las condiciones dadas, cada elemento estructural es capaz de resistir el mayor esfuerzo al que esté sometido, ya sea por su peso propio, por efectos del viento, sismo, entre otros.

De esta evaluación se determinó qué elementos se deben reforzar para cumplir con las sollicitaciones funcionales de la estructura, esto es concordante con los resultados de las investigaciones de tomadas como antecedentes nacionales e internacionales, en las cuales también se presenta una memoria de cálculo, y que además, **realizar una evaluación estructural es determinante para decidir si una estructura se debe demoler o reforzar.**

#### **4.2.2. Reforzamiento de una estructura existente**

Se pudo diseñar el reforzamiento para elevar la altura del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín, distrito de Sechura – 2019, a fin de garantizar su estabilidad.

Luego de la evaluación se determinó qué tipo de reforzamiento se debe implementar, de acuerdo a las condiciones de la estructura, en este caso se tuvo que ampliar el área de la cimentación debido a que no cumplía con el factor de seguridad al volteo, existiendo la restricción de que el cerco se encontraba en el límite de propiedad y no se podía reforzar por ambos lados, sino sólo por la parte interior del cerco. Por ello se tuvo que ampliar la zapata hacia el interior,



colocando un aditivo epóxico y acero de refuerzo de modo que se pueda integrar la cimentación existente y la nueva cimentación, para que pueda comportarse como una sola estructura.

Las columnas existentes fueron desestimadas como aporte estructural puesto que el concreto tenía una resistencia inferior a 175 kg/cm<sup>2</sup> y el acero de refuerzo no era el suficiente para soportar esfuerzos de flexión ante un evento sísmico; proponiendo una columna de reforzamiento con las dimensiones adecuadas y que esté integrada a la columna existente, y por ende pueda transmitirse las cargas horizontales sísmicas del muro hacia la columna reforzada.

Como punto en común con las investigaciones nacionales e internacionales tomadas como referencia podemos encontrar que **un adecuado diseño de reforzamiento de estructuras garantiza su estabilidad.**

## CONCLUSIONES

1. La evaluación estructural incidió en el reforzamiento del cerco perimétrico existente de la I.E. San Martín del distrito de Sechura, determinándose que la cimentación y las columnas de confinamiento no soportarían las cargas derivadas de un evento sísmico, de acuerdo a la norma E.030, E.060 y E.070 del reglamento nacional de edificaciones.
2. Del análisis efectuado se concluye que la cimentación existente no cumple con el factor de seguridad al volteo ante un posible evento sísmico, por lo que es necesario reforzar la cimentación. Con respecto a las columnas de confinamiento se pudo determinar que el concreto presenta una resistencia inferior a  $175 \text{ kg/cm}^2$  en el 50% de las muestras extraídas; también se constató que el acero de refuerzo existente no resistiría los esfuerzos por flexión ante un posible sismo, por lo que se debe reforzar estas columnas.
3. El ancho del cimiento corrido se tuvo que incrementar de 0.85 m. a 1.30 m. para cumplir con el factor de seguridad al volteo ante un evento sísmico; además el concreto nuevo tendría una profundidad de desplante de 1.50 m. y se utilizará cemento de moderada resistencia a los sulfatos, de acuerdo al estudio de suelos con el que se cuenta. Con respecto a las columnas de confinamiento se diseñó una nueva columna de 0.20 m. por 0.25 m. la cual estará integrada a la columna existente, de modo que se pueda transmitir los esfuerzos del muro existente hacia las columnas reforzadas en un posible evento sísmico.

## RECOMENDACIONES

1. Es importante verificar las condiciones de los elementos estructurales a evaluar y no realizar la mala práctica de asumir valores para el cálculo, pues esto nos llevaría a resultados erróneos.
2. Las características más importantes a tomar en cuenta para una evaluación estructural vienen a ser las dimensiones, la resistencia del concreto, de las unidades de albañilería y del acero de refuerzo.
3. Recomendamos siempre contar con las normas actualizadas, puesto que se viene actualizando constantemente las magnitudes de un eventual sismo, de acuerdo al registro de los últimos movimientos telúricos en nuestro continente.
4. Luego de definir los elementos a reforzar, recomendamos investigar sobre los últimos avances en reforzamiento de estructuras, puesto que es un campo que se viene desarrollando apenas, y no existe una normativa nacional que abarque todos los posibles casos con los que nos podamos encontrar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Reglamento nacional de edificaciones 2016. Grupo Editorial Megabyte  
Lima – Perú.
2. Ángel San Bartolomé 2006. Ejemplo de aplicación de la norma e.070 en el  
diseño de un edificio de albañilería confinada Lima - Perú
3. Ángel San Bartolomé 1994. Construcciones de albañilería Lima Perú
4. Braja M. Das. Fundamentos de ingeniería de cimentaciones México 2011
5. Jorge Campos Rodríguez (2011) Mecánica de Suelos, Lima

## PAGINAS WEB

<https://www.monografias.com/trabajos30/recalces/recalces.shtml>

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78360/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<https://jaltimira.files.wordpress.com/2012/01/refuerzo-y-recimentaciocc81n.pdf>

<http://es.slideshare.net/ANGELSZQ/reforzamiento-de-estructuras-de-concreto>

<https://drive.google.com/file/d/0B-ilmHHAiatYSHhTcDR2QWtBVG8/view>

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01.** Resultado de los ensayos de compresión en testigos de columnas existentes.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

EXTRACCIÓN Y ENSAYO DE PROBETAS  
CILÍNDRICAS DE CONCRETO ENDURECIDO  
Norma: NTP-339.059 2001

Orden de servicio N° : 23070  
Informe N° : 190227  
Fecha de recepción : 30/01/2019  
Fecha de ensayo : 31/01/2019  
Fecha de emisión : 31/01/2019

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	JOSÉ FRANKLIM TALLEDO COVENAS
Obra	Columna Cerca Perimétrico de la Institución Educativo San Martín Sechura
Ubicación	Sechura-Piura
Muestreo realizado por	Solicitante
Resistencia especificada f <sub>c</sub>	-

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de extracción	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 1 Calle Restauración	29/1/19	31/1/19	-	7.0	7737	195	-
Muestra 2 Calle Tupac Amaru	29/1/19	31/1/19	-	7.0	8582	202	-
Muestra 3 Calle 11 de Noviembre	29/1/19	31/1/19	-	7.0	3485	90	-
Muestra 4 Calle Tupac Amaru	29/1/19	31/1/19	-	7.0	5493	140	-

Observaciones:

La resistencia de rotura solo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
La extracción de los especímenes ha sido realizada por: El solicitante  
Han sido recepcionados, pertenecientes a la misma orden de servicio : 04 Los Especímenes  
El refrentado de los especímenes ha sido realizado por: El laboratorio.  
Condiciones de humedad en el momento del ensayo: Húmedos

Núcleo	Longitud antes del capeado (cm)	Longitud después del capeado (cm)	Factor por corrección debido a esbeltez
Muestra 1 Calle Restauración	9.9	10.5	0.96
Muestra 2 Calle Tupac Amaru	7.3	7.9	0.90
Muestra 3 Calle 11 de Noviembre	11.9	12.5	0.98
Muestra 4 Calle Tupac Amaru	11.0	11.6	0.97

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : ---

  
Christian Valdehara  
Ingeniero Civil  
CIP: 106420  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.